



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENCAMPUR
LARUTAN GARAM *GRADE 3* DAN *POLY*
ALUMINIUM CHLORIDE (PAC) PADA MINI
PLANT PEMURNIAN GARAM**

Nur Imam Ahmadi
NRP 2414.031.039

Dosen Pembimbing
Arief Abdurrahman, S.T., M.T.
NIP. 19870712 201404 1 002

DEPARTEMENT D3 TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENCAMPUR
LARUTAN GARAM *GRADE 3* DAN *POLY*
ALUMINIUM CHLORIDE (PAC) PADA MINI
PLANT PEMURNIAN GARAM**

**Nur Imam Ahmadi
NRP 2414.031.039**

**Dosen Pembimbing
Arief Abdurrahman, S.T., M.T.
NIP. 19870712 201404 1 002**

**DEPARTEMENT D3 TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT TF 145565

***DESIGN OF GRADE 3 SALT SOLUTION AND
POLY ALUMINIUM CHLORIDE (PAC) MIXING
SYSTEM IN A SALT REFINING MINI PLANT***

**Nur Imam Ahmadi
NRP 2414.031.039**

***Supervisor*
Arief Abdurrahman, S.T, M.T.
NIP. 19710702 199802 1 001**

***DEPARTMENT D3 INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF VOCATIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017***

**RANCANG BANGUN SISTEM PENCAMPUR LARUTAN
GARAM GRADE 3 DAN POLY ALUMUNIUM
CHLORIDE (PAC) PADA MINI PLANT PEMURNIAN
GARAM**

TUGAS AKHIR

Oleh :

NUR IMAM AHMADI
NRP. 2414 031 039

Surabaya, 26 Juli 2017
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



Arief Abdurrahman, ST.MT
NIP. 19870712 201404 1 002

Kepala Departemen
DIK Teknik Instrumentasi FV - ITS



Dr. Ir. Purwadi Agus D, M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001

**RANCANG BANGUN SISTEM PENCAMPUR LARUTAN
GARAM GRADE 3 DAN POLY ALUMUNUM CHLORIDE
(PAC) PADA MINI PLANT PEMURNIAN GARAM**


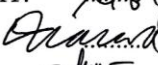
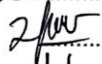


TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Departmen D3 Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Nur Imam Ahmadi
NRP. 2414 031 039

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Arief Abdurrahman, ST., MT.  (Pembimbing)
2. Ir. Tutug Dhanardono, MT.  (Ketua Tim Penguji)
3. Herry Sufyan Hadi, ST., MT.  (Penguji I)
4. Ir. Heri Joestiono, MT.  (Penguji II)
5. Andi Rahmadiansah, ST., MT.  (Penguji III)

SURABAYA
JULI 2017

RANCANG BANGUN SISTEM PENCAMPUR LARUTAN GARAM GRADE 3 DAN POLY ALUMINIUM CHLORIDE (PAC) PADA MINI PLANT PEMURNIAN GARAM

Nama Mahasiswa : Nur Imam Ahmadi
NRP : 2414 031 039
Departemen : DIII Teknik Instrumentasi, FV-ITS
Dosen Pembimbing : Arief Abdurrahman, S.T, M.T

Abstrak

Garam seperti yang kita kenal sehari-hari dapat didefinisikan sebagai suatu kumpulan senyawa kimia yang bagian utamanya adalah *Natrium Klorida* (NaCl) dengan zat pengotor terdiri dari CaSO_4 , MgSO_4 , MgCl_2 dan lain-lain. Namun untuk mendapatkan garam industri dari garam krosok tidak dapat diperoleh hanya dengan jalan pencucian saja. Hal ini karena impuritas pada garam krosok ada didalam kisi Kristal garam bukan hanya pada permukaan Kristal garam saja, sehingga perlu dilakukan pemurnian garam krosok dengan jalan rekristalisasi. Sampai saat ini proses pemurnian garam di Indonesia hanya dapat dilakukan sampai tahap pengkristalan. Untuk memurnikan garam krosok menjadi garam industri digunakan beberapa campuran zat kimia seperti PAC, Na_2CO_3 dan NaOH . Pada proses pencampuran ini juga dilengkapi dengan sensor ultrasonic HCSR-04 dengan rata-rata tingkat kepresisiannya adalah 0,990295, akurasi 98,97%, dan sensitivitas 1,0091111 yang berfungsi untuk menjaga ketinggian level yaitu 16 cm pada tangki pencampur sehingga level tangki tidak tumpah. Selain itu digunakan alat pengaduk (mixing) otomatis pada wadah tangki pencampur yaitu menggunakan motor 24 Volt DC dengan kecepatan putar 75 rpm, hal ini dikarenakan ketika putaran motor terlalu lambat maka tidak akan terbentuk flok (gumpalan) dan apabila putaran motor terlalu cepat maka larutan kimia tidak akan tercampur dengan larutan garam.

Kata kunci : Level ,Ultrasonic HCSR-04,PAC, Na_2CO_3 , NaOH dan mixing

**DESIGN OF GRADE 3 SALT SOLUTION AND
POLY ALUMINIUM CHLORIDE (PAC) MIXING
SYSTEM IN A SALT REFINING MINI PLANT**

Nama Mahasiswa : Nur Imam Ahmadi
NRP : 2414 031 039
Departemen : DIII Instrumentation Engineering, FV-ITS
Dosen Pembimbing : Arief Abdurrahman, S.T, M.T

Abstract

Salt as we know can be defined as chemicals compound which main part is Sodium Chloride (NaCl) with impurity Substances consist of CaSO₄, MgSO₄, MgCl₂ and others. But to get good quality salt from the raw salt can't be obtained only by washing raw salt. This is caused by the fact that impurities not just only on the surface of crystals salt but also in the crystal lattice salt, so that needs to be purified by recrystallization. Until now the process of purifying salt in Indonesia can only be done until the crystallization stage Purifying process of the raw salt into industrial salt is using some mixture of chemicals such as PAC, Na₂CO₃ and NaOH. In the mixing process is also equipped with ultrasonic sensors HCSR-04 which has an average precision value, accuracy, and sensitivity, 0.990295, 98.97%, and 1.0091111 respectively, which serves to maintain the height of the level about of 16 cm in the mixing tank so that the tank level is not Spill. In addition, automatic mixing is used in the mixer tank vessel that is using a 24 Volt DC motor with a rotational speed of 75 rpm, because when the motor rotation is too slow it will not form floc and if the motor rotation is too fast then the chemical solution Will not be mixed with salt solution.

Key words : *Level ,Ultrasonic HCSR-04 PAC, Na₂CO₃, NaOH dan mixing*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT penulis panjatkan karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Sistem Pencampur Larutan Garam Grade 3 Dan Poly Aluminium Chloride (PAC) Pada Mini Plan Pemurnian Garam”** dengan tepat waktu. Laporan ini dapat terselesaikan dengan dukungan dan peran serta dari berbagai pihak. Untuk itulah dalam kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc. selaku Ketua Departemen Teknik Instrumentasi FV-ITS.
2. Keluarga penulis yang selalu mendukung dan memberikan semangat untuk belajar.
3. Arief Abdurrahman, S.T., M.T. selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah membina dan memberikan banyak ilmu serta pengalaman.
4. Dr.Gunawan Nugroho, ST., M.T. selaku Dosen Wali penulis.
5. Pemurnian Garam team yang telah berjuang bersama dalam pengerjaan tugas akhir.
6. Teman – teman D3 Teknik Instrumentasi FV-ITS angkatan 2014.
7. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih kurang sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima segala masukan berupa saran, kritik, dan segala bentuk tegur sapa demi kesempurnaan laporan ini. Demikian laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan dapat bermanfaat dalam akademik baik bagi penulis maupun bagi pembaca

Surabaya, 16 Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	4

BAB II DASAR TEORI

2.1 Garam	5
2.2 PAC (<i>Poly Aluminium Chloride</i>).....	5
2.3 Mikrokontroler	6
2.4 Solenoid Valve.....	12
2.5 Motor DC	14
2.6 Sensor Ultrasonik	15
2.7 Teori Ketidakpastian.....	19

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Flowchart perancangan alat.....	23
3.2 Gambaran Umum Tugas Akhir	24
3.3 Perancangan Alat Tugas Akhir.....	29
3.4 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	34
3.5 Prosedur Operasional.....	36

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04	37
4.2 Pembahasan	48

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A DATA *SHEET* ATMEGA8535

**LAMPIRAN B DATA *SHEET* ULTRASONIK
HC-SR04**

LAMPIRAN C DATA *SHEET* SOLENOID VALVE

LAMPIRAN D LISTING PROGRAM

**LAMPIRAN E HASIL PEMBACAAN KARAKTERISTIK
STATIK**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian-Bagian Solenoid Valve	13
Gambar 2.2 Motor DC.....	14
Gambar 2.3 Sensor Ultrasonik HC-SR04	15
Gambar 2.4 Rangkaian <i>Transmitter</i> Dan <i>Receiver</i> Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	16
Gambar 2.5 Tabel <i>T-student</i>	21
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir	23
Gambar 3.2 Diagram Blok Pengendalian	24
Gambar 3.3 Wadah penampung PAC, Na ₂ CO ₃ dan NaOH.....	25
Gambar 3.4 Tangki pencampur	26
Gambar 3.5 Selenoid Valve.....	27
Gambar 3.6 Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	27
Gambar 3.7 <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)	28
Gambar 3.8 Diagram Alir Perancangan Alat.....	29
Gambar 3.9 <i>Block Flow Diagram</i>	30
Gambar 3.10 <i>Process Flow Diagram</i>	31
Gambar 3.11 <i>Paping & Instrumentation Diagram</i>	32
Gambar 3.12 Konfigurasi Pin Sensor Ultrasonik HC-SR04	33
Gambar 3.13 Pemasangan Mikrokontroler pada panelBox ...	34
Gambar 3.14 <i>software code vision</i> AVR v 2.05.0.....	35
Gambar 3.15 Khazama V 1.7.0	36
Gambar 4.1 Diagram Alir Sensor	37
Gambar 4.2 Grafik Pembacaan Skala Pada Sensor Ultrasonik HCSR04	38
Gambar 4.3 Grafik Pembacaan Naik dan Turun Sensor Ultrasonik HC-SR04	40
Gambar 4.4 Grafik Presisi Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04	41
Gambar 4.5 Grafik Histerisis Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	43
Gambar 4.6 Grafik Respon Sistem	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Garam Berdasarkan Jenis	5
Tabel 2.2 Penjelasan Pin Pada Mikrokontroler ATmega 8535	7
Tabel 2.3 Penjelasan <i>Pin</i> Pada <i>Port A</i>	9
Tabel 2.4 Penjelasan <i>Pin</i> Pada <i>Port B</i>	10
Tabel 2.5 Penjelasan <i>Pin</i> Pada <i>Port C</i>	11
Tabel 2.6 Penjelasan <i>Pin</i> Pada <i>Port D</i>	11
Tabel 2.7 Bagian-Bagian Solenoid <i>Valve</i>	13
Tabel 3.1 Konfigurasi Pada Atmega8535	33
Tabel 4.1 Pembacaan Skala Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04	38
Tabel 4.2 Pembacaan Naik dan Turun Sensor Ultrasonik HC-SR04	39
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan o_{ideal} sensor Ultrasonik	42
Tabel 4.4 Nilai <i>Hysterisys</i> Sensor Ultrasonik HC-SR04	42
Tabel 4.4 Nilai <i>Hysterisys</i> Sensor Ultrasonik HC-SR04	47

BAB 1

PENDAUULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara maritim, namun usaha meningkatkan produksi garam masih belum diminati, garam merupakan salah satu kebutuhan yang merupakan pelengkap dari kebutuhan pangan dan merupakan sumber elektrolit bagi tubuh manusia. termasuk dalam usaha meningkatkan kualitasnya. Kualitas garam yang dikelola secara tradisional pada umumnya harus diolah kembali untuk dijadikan garam konsumsi maupun untuk garam industri. Garam industri dengan kadar NaCl >95% yaitu sekitar 1.78 juta ton pada tahun 2014 dan sampai saat ini seluruhnya masih diimpor, hal ini dapat dihindari mengingat Indonesia sebagai negara kepulauan. Sistem penggaraman rakyat sampai saat ini menggunakan kristalisasi total sehingga produktivitas dan kualitasnya masih kurang atau pada umumnya kadar NaClnya kurang dari 90% dan banyak mengandung zat pengotor, Dengan stagnasi produktivitas garam nasional, belum ada perbaikan kesejahteraan bagi para petani garam. Perekonomian petani garam terutama masyarakat pesisir pantai masih kurang berkembang dikarenakan masyarakat pesisir masih bergantung pada penjualan garam krosok dengan harga yang relatif rendah. *Coagulant Automatic Mixing Machine Poly Aluminium Chloride* adalah inovasi alat mixing otomatis yang berfungsi sebagai upaya peningkatan kualitas garam rakyat menjadi garam industri (garam dengan kadar NaCl yaitu 97 % dengan kandungan sulfat, magnesium dan kalsium serta kotoran lainnya yang sangat kecil) dengan melakukan penambahan koagulan *poly aluminium chloride* yang di mixing secara otomatis. *Coagulant Automatic Mixing Machine Poly Aluminium Chloride* menggunakan prinsip kerja proses rekristalisasi. Rekristalisasi merupakan suatu pembentukan kristal kembali dari larutan atau leburan dari material yang ada.

Rekristalisasi hanya bekerja apabila digunakan pada pelarut pada suhu kamar, namun dapat lebih larut pada suhu yang lebih tinggi. Hal ini bertujuan supaya zat tidak murni dapat menerobos kertas saring dan yang tertinggal hanyalah kristal murni.

Sehingga untuk mengatasi permasalahan diatas kami membuat sebuah sistem rancang bangun alat pemurnian garam rakyat menggunakan Metode Rekristalisasi dengan Penambahan Koagulan *Poly Aluminium Chloride (PAC)* untuk meningkatkan kualitas garam itu sendiri. Menurut Zandika Alfi Pratama pencampuran zat kimia dengan PAC ini mampu memurnikan garam diatas 97% dengan kandungan zat pengotor sebesar 0,06%. Selain itu dalam hal pembentukan flok, PAC memiliki waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan koagulan lainnya.^[6] Hal ini disebabkan gugus aktif aluminat yang bekerja efektif dalam mengikat koloid yang ikatan ini diperkuat dengan rantai polimer dari gugus polielektrolit sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat, penambahan gugus hidroksil kedalam rantai koloid yang hidrofobik akan menambah berat molekul. Selain itu pada proses pengadukan (*flokulasi*) PAC diperlukan pengadukan yang lambat yaitu 75 rpm hal ini dikarenakan semakin cepat proses pengadukan akan dapat menghancurkan gumpalan floknya sedangkan pengadukan yang terlalu lambat akan menyebabkan lambatnya terbentuknya flok. Selain PAC zat kimia pendukung lain yang ditambahkan yaitu NaOH dan Na₂CO₃ yang digunakan untuk mengendapkan kandungan zat *impurities* yaitu ion Mg dan Ca yang ada pada garam. Namun, beberapa penelitian yang telah dilakukan masih menggunakan proses pencampuran larutan yang manual dalam proses pemurnian garamnya.^[7] Sehingga, pada tugas akhir ini dirancang sistem pengendalian level larutan otomatis untuk pencampuran larutan garam dengan larutan PAC, NaOH dan Na₂CO₃ pada *plant* pemurnian garam supaya didapatkan larutan garam murni.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang alat otomatis yang digunakan untuk meningkatkan kualitas garam rakyat (grade 3) menjadi garam yang berkualitas baik (grade 1)?
2. Bagaimana merancang alat pengaduk otomatis yang digunakan untuk mengaduk campuran antara larutan garam, PAC, NaOH dan Na_2CO_3 ?
3. Bagaimana respond dan nilai *Rise time* (TR), *peak time* (Tp), *Maximum overshoot* (Mp) yang dihasilkan oleh sistem saat diberikan setpoint ketinggian level 8 cm, dan 12 cm ?

1.3 Tujuan

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah untuk memenuhi mata kuliah tugas akhir sebagai syarat kelulusan dari program studi diploma 3 teknik instrumentasi, serta untuk memberikan solusi pada rumusan masalah yaitu :

1. Menghasilkan alat otomatis yang digunakan untuk meningkatkan kualitas garam rakyat (grade 3) menjadi garam yang berkualitas (grade 1).
2. Menghasilkan alat otomatis yang digunakan untuk mengaduk campuran PAC, NaOH dan Na_2CO_3 supaya didapatkan kandungan *impurities* yang rendah
3. Mengetahui respond dan nilai *Rise time* (Tr), *peak time* (Tp), *Maximum overshoot* (Mp) yang dihasilkan oleh sistem saat diberikan setpoint ketinggian level 8 cm, dan 12 cm ?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batas ruang lingkup dari penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Pengaruh temperatur terhadap konsentrasi larutan tidak dibahas.
2. Temperatur air terhadap konsentrasi PAC, NaOH dan

Na_2CO_3 tidak dibahas.

3. Konsentrasi PAC, NaOH dan Na_2CO_3 sudah ditentukan

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai sistem pengatur campuran PAC, NaOH dan Na_2CO_3 supaya didapatkan kandungan *impurities* yang rendah dengan menggunakan mikrokontroler ATmega 8535

BAB II DASAR TEORI

2.1 Garam

Secara fisik, garam adalah benda padatan berwarna putih berbentuk kristal yang merupakan kumpulan senyawa dengan bagian terbesar Natrium Klorida (>80%) serta senyawa lainnya seperti Magnesium Klorida, Magnesium Sulfat, Kalsium Klorida, dan lain-lain. Garam mempunyai sifat atau karakteristik higroskopis yang berarti mudah menyerap air, *bulk density* (tingkat kepadatan) sebesar 0,8-0,9 dan titik lebur pada tingkat suhu 801°C (Burhanuddin, 2001).

Jenis garam dapat dibagi dalam beberapa kategori seperti; kategori garam rakyat, garam konsumsi dan garam industri. Menurut Permenperin No. 8 Tahun 2014 garam dikatakan berkualitas industri apabila mengandung kadar NaCl >97%, garam konsumsi memiliki kadar NaCl minimal 94%, dan garam rakyat hanya mengandung kadar NaCl <94%

Tabel 2.1 Komposisi Garam Berdasarkan Jenis

Jenis Garam	% Berat Komponen				
	NaCl	CaSO ₄	MgCl ₂	MgSO ₄	H ₂ O
Garam Rakyat	84,6 - 94	<1,02	<2,56	<0,81	<10,43
Garam	94 - 97	<0,5	<0,5	<0,5	<4,5
Garam Industri	>9	<0,06	<0,06	<0,06	<0,5

(**Sumber** : Kaufmann: 59; SNI garam konsumsi; Permenperin No. 8 Tahun 2014)

2.2 PAC (*Poly Aluminium Chloride*)

$Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$ merupakan rumus kimia untuk *Poly Aluminium Chloride* (PAC), salah satu koagulan–zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Menurut Darnoto et al (2009), dalam hal pembentukan flok, PAC memiliki waktu yang lebih cepat

dibandingkan dengan koagulan lainnya. Hal ini disebabkan gugus aktif aluminat yang bekerja efektif dalam mengikat koloid yang ikatan ini diperkuat dengan rantai polimer dari gugus polielektrolit sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat, penambahan gugus hidroksil kedalam rantai koloid yang hidrofobik akan menambah berat molekul. Menurut Gebbie (2001), PAC memiliki beberapa kelebihan dibandingkan tawas atau klorin yaitu pemakaian dosis yang rendah, dapat digunakan untuk jangkauan pH yang luas, menghasilkan endapan yang sedikit, dan mudah disimpan. Batas penggunaan PAC tidak boleh melebihi 0,2% dalam suatu larutan (Anonim, 2013)

2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler Atmega8535 merupakan sebuah mikrokontroler yang berbasis pada *input* dan *output* yang mudah digunakan dan sebuah sarana untuk pengembangan yang mengimplementasikan bahasa pemrosesan. Mikrokontroler ini diprogram dengan menggunakan bahasa C++. Biasanya mikrokontroler ini dirakit menjadi satu dengan sebuah minimum sistem yang telah terintegrasi dengan *port-port input* dan *output*, *port* ISP sebagai jalur untuk *downloader*, *port* VCC dan *ground*, komunikasi serial, dan lain-lain. Rangkaian minimum sistem dari mikrokontroler Atmega8535 ini dapat dirakit sendiri dan dapat juga membeli langsung tanpa merakitnya sendiri. Pada rangkaian minimum sistem pada umumnya selain bisa digunakan untuk mikrokontroler jenis Atmega8535, juga dapat digunakan untuk Atmega16^[1].

Selain itu, mikrokontroler CMOS 8 *bit* daya rendah berbasis arsitektur RISC. Instruksi dikerjakan pada satu siklus *clock*, ATmega8535 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz, hal ini membuat ATmega8535 dapat bekerja dengan kecepatan tinggi walaupun dengan penggunaan daya rendah. Mikrokontroler ATmega8535 memiliki beberapa fitur atau spesifikasi yang menjadikannya sebuah solusi pengendali yang efektif untuk berbagai keperluan. Fitur-fitur tersebut antara lain :

- a. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yang terdiri atas *Port* A, B, C dan D.

- b. ADC (*Analog to Digital Converter*).
- c. Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan.
- d. CPU yang terdiri atas 32 *register*.
- e. *Watchdog Timer* dengan *osilator internal*.
- f. SRAM sebesar 512 *byte*.
- g. Memori *Flash* sebesar 8 kb dengan kemampuan *read while write*.
- h. Unit Interupsi *Internal* dan *External*.
- i. *Port* antarmuka SPI untuk *men-download* program ke *flash*.
- j. EEPROM sebesar 512 *byte* yang dapat deprogram saat operasi.
- k. Antarmuka komparator *analog*.
- l. *Port* USART untuk komunikasi serial.

- **Konfigurasi Pin ATmega8535**

Mikrokontroler AVR ATmega memiliki 40 *pin* dengan 32 *pin* diantaranya digunakan sebagai *port paralel*. Satu *port paralel* terdiri dari 8 *pin*, sehingga jumlah *port* pada mikrokontroler adalah 4 *port*, yaitu *port A*, *port B*, *port C* dan *port D*. Sebagai contoh adalah *port A* memilikipin antara *port A.0* sampai dengan *port A.7*, demikian selanjutnya untuk *port B*, *port C*, *port D*. Berikut ini adalah tabel penjelasan mengenai pin yang terdapat pada mikrokontroler ATmega8535

Tabel 2.2. Penjelasan Pin Pada Mikrokontroler ATmega 8535^[1]

VCC	Tegangan suplai (5 volt)
GND	Ground

RESET	<i>Input reset level rendah, pada pin ini selama lebih dari panjang pulsa minimum akan menghasilkan reset walaupun clock sedang berjalan. RST pada pin 9 merupakan reset dari AVR. Jika pada pin ini diberi masukan low selama minimal 2 machine cycle maka sistem akan di-reset</i>
XTAL1	<i>Input penguat osilator inverting dan input pada rangkaian operasi clock internal</i>
XTAL2	<i>Output dari penguat osilator inverting</i>
AVCC	<i>Pin tegangan suplai untuk port A dan ADC. Pin ini harus dihubungkan ke Vcc walaupun ADC tidak digunakan, maka pin ini harus dihubungkan ke Vcc melalui low pass filter</i>
AREF	<i>pin referensi tegangan analog untuk ADC</i>
AGND	<i>pin untuk analog ground. Hubungkan kaki ini ke GND, kecuali jika board memiliki analog ground yang terpisah</i>

• **Penjelasan Port-Port Atmega8535**

Berikut ini adalah penjelasan dari pin mikrokontroler ATmega8535 menurut port-nya masing-masing

a. Port A

Pin 33 sampai dengan pin 40 merupakan pin dari port A. Merupakan 8 bit directional port I/O. Setiap pin-nya dapat menyediakan internal pull-up resistor (dapat diatur per bit). Output buffer port A dapat

memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display* LED secara langsung. *Data Direction Register port A* (DDRA) harus di-*setting* terlebih dahulu sebelum *port A* digunakan. *Bit-bit* DDRA diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin* *port A* yang disesuaikan sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, *pin-pin* pada *port A* juga memiliki fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam tabel 2. ^[1]

Tabel 2.3. Penjelasan *Pin* Pada *Port A* ^[3]

<i>Pin</i>	Keterangan
<i>PinA 7</i>	ADC7 (ADC Input Channel 7)
<i>PinA 6</i>	ADC6 (ADC Input Channel 6)
<i>PinA 5</i>	ADC5 (ADC Input Channel 5)
<i>PinA 4</i>	ADC4 (ADC Input Channel 4)
<i>PinA 3</i>	ADC3 (ADC Input Channel 3)
<i>PinA 2</i>	ADC2 (ADC Input Channel 2)
<i>PinA 1</i>	ADC1 (ADC Input Channel 1)
<i>PinA 0</i>	ADC0 (ADC Input Channel 0)

b. Port B

Pin 1 sampai dengan *pin 8* merupakan *pin* dari *port B*. Merupakan 8 *bit directional port I/O*. Setiap *pin*-nya dapat menyediakan *internal pull-up resistor* (dapat diatur per *bit*). *Output buffer port B* dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display* LED secara langsung. *Data Direction Register port B* (DDRB) harus di-*setting* terlebih dahulu sebelum *port B* digunakan. *Bit-bit* DDRB diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin* pada *port B* yang disesuaikan sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, *pin-pin* pada *port B* juga memiliki fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam tabel 3. ^[1]

Tabel 2.4. Penjelasan *Pin* Pada *Port B*^[1]

<i>Pin</i>	Keteranga
<i>PinB 7</i>	SCK (<i>SPI Bus Serial Clock</i>)
<i>PinB 6</i>	VISO (<i>SPI Bus Master Input/Slave Output</i>)
<i>PinB 5</i>	VOSI (<i>SPI Bus Master Output/Slave Input</i>)
<i>PinB 4</i>	SS (<i>SPI Slave Select Input</i>)
<i>PinB 3</i>	AIN1 (<i>Analog Comparator Negative Input</i>)OCC (<i>Timer/Counter0 Output Compare Match Output</i>)
<i>PinB 2</i>	AIN0 (<i>Analog Comparator Positive Input</i>)INT2 (<i>External Interrupt2 Input</i>)
<i>PinB 1</i>	T1 (<i>Timer/Counter1 External Counter Input</i>)
<i>PinB 0</i>	T0 (<i>Timer/Counter0 External Counter Input</i>)XCK (<i>JSART External Clock Input/Output</i>)

c. Port C

Pin 22 sampai dengan *pin 29* merupakan *pin* dari *port C*. *Port C* sendiri merupakan *port input* atau *output*. Setiap *pin*-nya dapat menyediakan *internal pull-up resistor* (dapat diatur per *bit*). *Output buffer port C* dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display LED* secara langsung. *Data Direction Register port C* (DDRC) harus di-*setting* terlebih dahulu sebelum *port C* digunakan. *Bit-bit* DDRC diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin port C* yang disesuaikan sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, *pin-pin port D* juga memiliki fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam tabel 2.5.^[1]

Tabel 2.5. Penjelasan *Pin* Pada *Port C*^[3]

<i>Pin</i>	Keterangan
<i>PinC 7</i>	TOSC2 (<i>Timer Oscillator Pin 2</i>)
<i>PinC 6</i>	TOSC1 (<i>Timer Oscillator Pin 1</i>)
<i>PinC 1</i>	SDA (<i>Two-Wire Serial Bus Data Input/Output Line</i>)
<i>PinC 0</i>	SCL (<i>Two-Wire Serial Bus Clock Line</i>)

d. Port D

Pin 14 sampai dengan *pin 20* merupakan *pin* dari *port D*. Merupakan 8 bit *directional port I/O*. Setiap *pin*-nya dapat menyediakan *internal pull-up resistor* (dapat diatur per *bit*). *Output buffer port D* dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display LED* secara langsung. *Data Direction Register port D* (DDRD) harus di-setting terlebih dahulu sebelum *port D* digunakan. *Bit-bit* DDRD diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin port D* yang disesuaikan sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, *pin-pin* pada *port D* juga memiliki fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam table 2.6.^[1]

Tabel 2.6. Penjelasan *Pin* Pada *Port D*^[3]

<i>Pin</i>	Keteranga
<i>PinD 0</i>	RDX (<i>UART input line</i>)
<i>PinD 1</i>	TDX (<i>UART output line</i>)
<i>PinD 2</i>	INT0 (<i>external interrupt 0 input</i>)
<i>PinD 3</i>	INT1 (<i>external interrupt 1 input</i>)
<i>PinD 4</i>	OC1B (<i>Timer/Counter1 output compareB match output</i>)
<i>PinD 5</i>	OC1A (<i>Timer/Counter1 output compareA match output</i>)
<i>PinD 6</i>	ICP (<i>Timer/Counter1 input capture pin</i>)

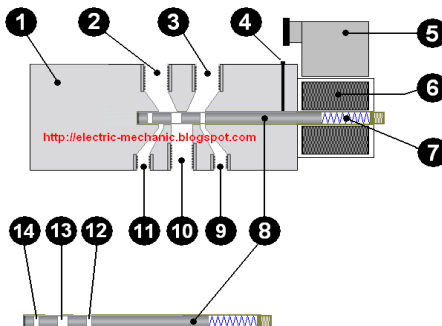
PinD 7	OC2 (<i>Timer/Counter2 output compare match output</i>)
--------	---

2.4 Solenoid Valve

Solenoid *valve* merupakan katup yang digerakkan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggerakanya yang berfungsi untuk menggerakkan piston yang dapat digerakkan oleh arus AC maupun DC. Solenoid *valve* mempunyai lubang keluaran, lubang masukan dan lubang *exhaust*. Dimana lubang masukan berfungsi sebagai terminal atau tempat cairan masuk atau *supply*, lubang keluaran berfungsi sebagai terminal atau saluran cairan keluar yang dihubungkan ke beban, sedangkan lubang *exhaust* berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan cairan yang terjebak.

- **Prinsip kerja Solenoid Valve**

Prinsip kerja dari solenoid *valve*/katup yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggerakanya, dimana ketika koil mendapat *supply* tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan *plunger* pada bagian dalamnya. Ketika *plunger* berpindah posisi, maka pada lubang keluaran dari solenoid *valve* pneumatik akan keluar udara bertekanan yang berasal dari *supply (service unit)*, pada umumnya solenoid *valve* pneumatik ini mempunyai tegangan kerja 100/200 VAC, namun ada juga yang mempunyai tegangan kerja DC. [2]



Gambar 2.1 Bagian-Bagian Solenoid Valve^[2]

Dari gambar diatas, dapat dijelaskan bagian-bagian dari solenoid valve yang ditunjukkan oleh angka seperti pada tabel 2.7.

Tabel 2.7. Bagian-Bagian Solenoid Valve^[2]

No.	Keterangan
1	<i>Valve Body</i>
2	Terminal Masukan (<i>Inlet Port</i>)
3	Terminal Keluaran (<i>Outlet Port</i>)
4	<i>Manual Plunger</i>
5	Terminal Slot <i>Power</i> Suplai Tegangan
6	Kumparan Gulungan (Koil)
7	<i>Spring</i>
8	<i>Plunger</i>
9	Lubang Jebakan Udara
10	Lubang <i>Inlet Main</i>
11	Lubang Jebakan Udara
12	Lubang <i>Plunger Exhaust Outlet Port</i>
13	Lubang <i>Plunger Inlet Main</i>
14	Lubang <i>Plunger Exhaust Inlet Port</i>

2.5 Motor DC

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/*direct-unidirectional*. Motor DC memiliki 3 bagian atau komponen utama untuk dapat berputar sebagai berikut. ^[3]

- **Kutub Medan**

Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan yaitu kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi ruang terbuka diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih electromagnet

2.5.2 Commutator

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.

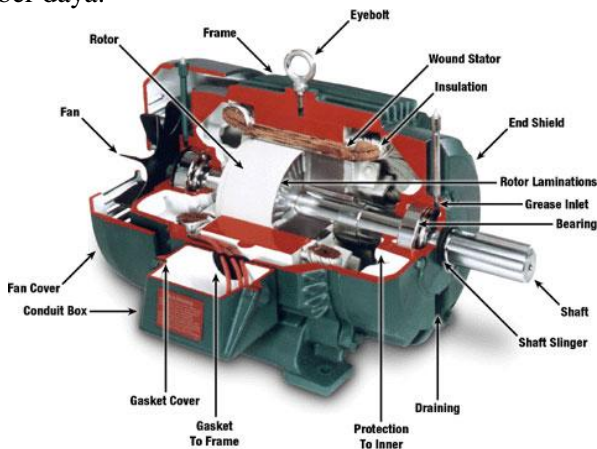


Figure 8 - Motor Construction

Gambar 2.2 Motor DC ^[3]

2.6 Sensor Ultrasonik

Sensor Ultrasonik merupakan komponen yang kerjanya didasarkan pada prinsip dari pantulan gelombang, sehingga dapat dipakai untuk membaca eksistensi sebuah benda spesifik yang ada dalam batas frekuensinya. Sensor ultrasonik frekuensi yaitu sekitar 40 KHz sampai 400 KHz. Sensor ultrasonik dibentuk dari 2 buah unit yaitu *transmitter* (pemancar) dan *receiver* (penerima).



Gambar 2.3 Sensor Ultrasonik HC-SR04^[4]

Kedua unit ini memiliki struktur yang sangatlah sederhana yaitu suatu kristal *piezoelectric* yang terhubung dengan jangkar mekanik dengan sebuah diafragma penggetar sebagai penghubungnya. Pada plat logam diberikan tegangan bolak-balik yang mempunyai frekuensi 40 KHz sampai dengan 400 KHz. Sehingga, akan terjadi kontraksi atau pengikatan dengan mengembang ataupun menyusut karena polaritas tegangan yang dikasih pada kristal *piezoelectric*, sehingga hal tersebut terjadi pada struktur atomnya.^[4]

- b. Sinyal tersebut dilewatkan pada sebuah resistor sebesar 30 kOhm untuk pengaman ketika sinyal tersebut membias maju rangkaian dioda dan transistor.
- c. Kemudian sinyal tersebut dimasukkan ke rangkaian penguat arus yang merupakan kombinasi dari 2 buah dioda dan 2 buah transistor.
- d. Ketika sinyal dari masukan berlogika tinggi (+5V), maka arus akan melewati dioda D1(D1 ON),kemudian Arus tersebut akan membias transistor T1, sehingga arus yang akan mengalir pada kolektor T1 akan besar sesuai dari penguatan transistor.
- e. Ketika sinyal dari masukan berlogika rendah (0V), maka arus akan melewati dioda D2 (D2 ON), kemudian arus tersebut akan membias transistor T2, sehingga arus yang akan melewati pada kolektor T2 akan besar sesuai dari penguatan dari transistor.
- f. Resistor R4 dan R6 berfungsi untuk membagi tegangan menjadi 2,5 V. Sehingga pemancar ultrasonik akan menerima tegangan bolak-balik dengan $V_{peak-peak}$ adalah 5V (+2,5V s.d -2,5V).

- **Penerima Ultrasonik (*Receiver*)**

Penerima ultrasonik ini akan menerima sinyal ultrasonic yang dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan karakteristik frekuensi yang sesuai Sinyal yang diterima tersebut akan melalui proses filterisasi frekuensi dengan menggunakan rangkaian *band pass filter* (penyaring pelewat pita), dengan nilai frekuensi yang dilewatkan telah ditentukan. Kemudian sinyal keluarannya akan dikuatkan dan dilewatkan ke rangkaian komparator (pembanding) dengan tegangan

referensi ditentukan berdasarkan tegangan keluaran penguat pada saat jarak antara sensor dengan sekat atau dinding pembatas mencapai jarak minimum untuk berbelok arah. Dapat dianggap keluaran komparator pada kondisi ini adalah *high* (logika 1), sedangkan jarak yang lebih jauh adalah *low* (logika 0). Logika-logika biner ini kemudian diteruskan ke rangkaian pengendali (mikrokontroler).

Receiver terdiri dari transduser ultrasonik yang menggunakan piezoelektrik yang berfungsi sebagai penerima gelombang pantulan yang berasal dari transmitter yang dikenakan pada permukaan suatu benda atau gelombang langsung LOS (*Line of Sight*) dari transmitter. Oleh karena bahan piezoelektrik memiliki reaksi yang *reversible*, elemen keramika dan membangkitkan tegangan listrik pada saat gelombang datang dengan frekuensi yang resonan dan akan menggetarkan bahan piezoelektrik tersebut. [4]

- **Karakteristik Statik**

Karakteristik statik yaitu karakteristik dari suatu instrument alat ukur yang tidak bergantung waktu. Karakteristik statik tersebut terdiri dari :

- a. **Akurasi**

Akurasi merupakan tingkat ketelitian suatu alat dalam memberikan hasil pengukuran [5]

$$\rho_{\text{akurasi}} = \left\{ 1 - \text{Rata} - \text{Rata} \frac{(\text{pemb.std} - \text{pemb.alat})}{\text{pembacaan std}} \right\} \quad 2.1$$

- b. **Presisi**

Presisi merupakan kemampuan alat ukur untuk menampilkan nilai output yang sama pada pengukuran berulang [5].

$$= \left\{ 1 - \text{Rata} - \text{Rata} \frac{(\text{pemb.alat} - \text{pemb.std})}{\text{pembacaan alat}} \right\} \quad 2.2$$

- c. **Error**

Selisis nilai pengukuran alat dengan

nilai standar ^[5].

$$Error = \text{pembacaan alat} - \text{pembacaan standar} \quad 2.3$$

d. Linearitas

Linearitas pada sensor merupakan perbandingan perubahan *output* terhadap perubahan *input* secara kontinu. Untuk mendapatkan nilai linearitas dapat dihitung dengan persamaan berikut ^[5].

$$K = \frac{O_{max} - O_{min}}{I_{max} - I_{min}} \quad 2.4$$

$$a = O_{min} - (K \cdot I_{min}) \quad 2.5$$

e. Histerisi

Hysterisis merupakan :

$$\%H = \frac{\hat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\% \quad 2.6$$

f. Sensitivitas

Sensitivitas merupakan penunjukan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan sebagai bilangan yang menunjukkan perubahan keluaran (*output*) ^[5].

$$Sensitivitas (K) = \frac{\Delta o}{\Delta I} \quad 2.7$$

2.7 Teori Ketidakpastian ^[5].

a. Koreksi

Koreksi dapat diperoleh dengan persamaan berikut ^[5] :

Koreksi = Pembacaan standard-Pembacaan alat 2.8

b. Standard deviasi

$$\sigma = \frac{\sqrt{\Sigma(D_i - D')^2}}{n-1} \quad 2.9$$

dimana :

Di = koreksi alat ukur

Di' = rata-rata koreksi

n = Banyak range pengukuran

c. **Analisa Type A, (Ua)**

Pada analisa tipe A ini hasilnya diperoleh dari data pengukuran. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Ua1 = \frac{\sigma_{max}}{\sqrt{n}} \quad 2.10$$

$$Ua2 = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \quad 2.11$$

d. **Analisa Type B, (Ub)**

Analisa tipe B ini diperoleh berdasarkan sertifikat kalibrasi atau spesifikasi dari alat ukur. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Ub1 = \frac{Resolusi/2}{\sqrt{3}} \quad 2.12$$

Dimana :

SSR = Sum Square Residual

$$Ub2 = \frac{\alpha}{k} \quad 2.13$$

e. **Ketidakpastian Kombinasi (UC)**

Uc merupakan Ketidakpastian kombinasi dari ketidakpastian tipe A dan ketidakpastian tipe B. Adapun persamaan dari ketidakpastian kombinasi adalah: $UC = \sqrt{Ua1^2 + Ua2^2 + Ub1^2 + Ub2^2}$ 2.14

f. **Ketidakpastian Diperluas**

Hasil akhir kalibrasi adalah ketidakpastian

diperluas sehingga alat ukur tersebut dapat diketahui ketidakpastiannya melalui U_{expand} . Persamaan U_{expand} adalah:

$$U_{expand} = k \cdot U_c \quad 2.15$$

Untuk mencari nilai k, maka melihat table t student sesuai dengan *confidence level* 95%. Tabel T *student* dapat dilihat pada gambar 2.7.

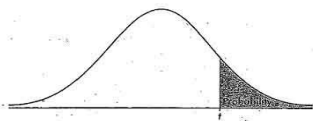


TABLE B: t-DISTRIBUTION CRITICAL VALUES

df	Tail probability p										
	.25	.20	.15	.10	.05	.025	.02	.01	.005	.0025	.001
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	15.89	31.82	63.66	127.3	318.3
2	.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	4.849	6.965	9.925	14.09	22.32
3	.765	.978	1.250	1.638	2.353	3.182	3.482	4.541	5.841	7.453	10.21
4	.741	.941	1.190	1.533	2.132	2.776	2.999	3.747	4.604	5.598	7.173
5	.727	.920	1.156	1.476	2.015	2.571	2.757	3.365	4.032	4.773	5.893
6	.718	.906	1.134	1.440	1.943	2.447	2.612	3.143	3.707	4.317	5.208
7	.711	.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.517	2.998	3.499	4.029	4.785
8	.706	.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.449	2.896	3.355	3.833	4.501
9	.703	.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.398	2.821	3.250	3.690	4.297
10	.700	.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.359	2.764	3.169	3.581	4.144
11	.697	.875	1.088	1.363	1.796	2.201	2.328	2.718	3.106	3.497	4.025
12	.695	.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.303	2.681	3.055	3.428	3.930
13	.694	.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.282	2.650	3.012	3.372	3.852
14	.692	.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.264	2.624	2.977	3.326	3.787
15	.691	.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.249	2.602	2.947	3.286	3.733
16	.690	.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.235	2.583	2.921	3.252	3.686
17	.689	.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.224	2.567	2.898	3.222	3.646
18	.688	.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.214	2.552	2.878	3.197	3.611
19	.688	.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.205	2.539	2.861	3.174	3.579
20	.687	.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.197	2.528	2.845	3.153	3.552
21	.686	.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.189	2.518	2.831	3.135	3.527
22	.686	.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.183	2.508	2.819	3.119	3.505
23	.685	.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.177	2.500	2.807	3.104	3.485
24	.685	.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.172	2.492	2.797	3.091	3.467
25	.684	.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.167	2.485	2.787	3.078	3.450
26	.684	.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.162	2.479	2.779	3.067	3.435
27	.684	.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.158	2.473	2.771	3.057	3.421
28	.683	.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.154	2.467	2.763	3.047	3.408
29	.683	.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.150	2.462	2.756	3.038	3.396
30	.683	.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.147	2.457	2.750	3.030	3.385
40	.681	.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.123	2.423	2.704	2.971	3.307
50	.679	.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.109	2.403	2.678	2.957	3.261
60	.679	.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.099	2.390	2.660	2.915	3.232
80	.678	.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.088	2.374	2.639	2.887	3.195
100	.677	.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.081	2.364	2.626	2.871	3.174
1000	.675	.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.056	2.330	2.581	2.813	3.098
∞	.674	.841	1.036	1.282	1.645	1.960	2.054	2.326	2.576	2.807	3.091

Confidence level C'

Gambar 2.7 Tabel T-student

g. **V efektif**

$$V_{eff} = \frac{(U_c)4}{\sum (U_i)4} \quad 2.16$$

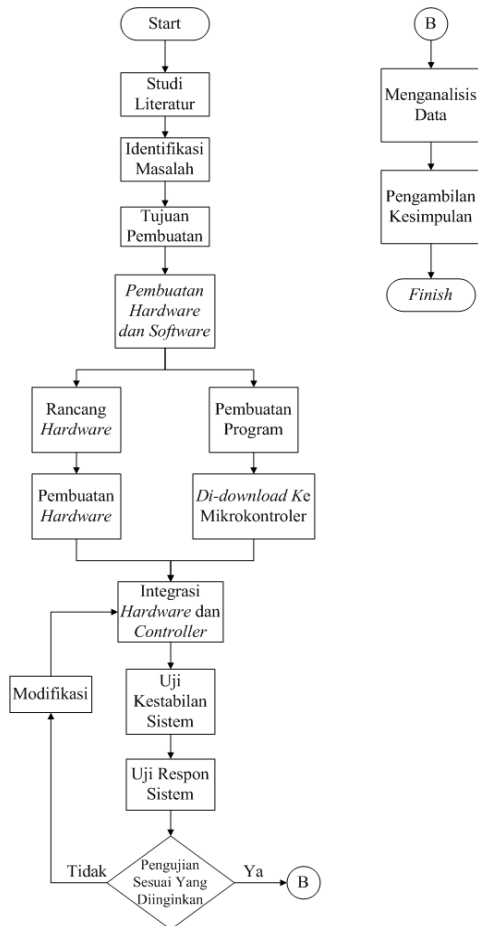
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

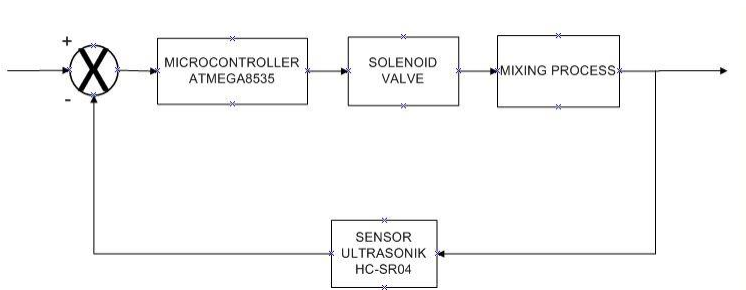
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Flowchart perancangan alat

Langkah-langkah perancangan alat ini digambarkan dalam *flowchart* penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.1. di bawah ini.



Gambar 3.1 *Flowchart* Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.2 Diagram Blok Pengendalian

Pada gambar 3.2 menjelaskan mengenai alur sistem pengendalian yang saling terintegrasi untuk mencapai nilai *set point* yang ditentukan. Nilai *set point* yang diberikan akan diproses oleh mikrokontroler Atmega8535 sebagai kontroler sekaligus akan diproses untuk memerintahkan aktuator. Setelah sinyal *input* diproses oleh mikrokontroler, solenoid valve masing-masing fluida akan membuka dan level pada sistem *mixing process* akan bertambah. Level masing-masing fluida pada *mixing process* akan menentukan komposisinya pada saat selesai dicampur. Selain itu, pada *mixing process* akan di-*sensing* oleh sensor ultrasonik HC-SR04 yang nantinya akan diproses kembali oleh mikrokontroler Atmega8535

3.2 Gambaran Umum Tugas Akhir

Pada tugas akhir kali ini membuat rancang bangun sistem pencampur larutan garam dan bahan kimia seperti PAC, Na_2CO_3 NaOH dengan metode koagulasi dan flokulasi pada plant mixing PAC yang terintegrasi dengan mikrokontroler atmega8535. Terdapat beberapa bagian penting didalam rancang bangun alat ini yaitu sebagai berikut :

a. Wadah penampung larutan PAC, Na_2CO_3 dan NaOH

Wadah penampung ini terdiri dari tiga tabung yang terbuat dari bahan *stainless* yang terletak dibagian

kedua yang berfungsi sebagai tempat penampungan PAC, Na_2CO_3 dan NaOH cair sebelum masuk *mixing process* pada wadah pencampur. Pada *plant* ini PAC, Na_2CO_3 dan NaOH sebelumnya sudah dilarutkan terlebih dahulu dengan air (*aquades*) dengan perbandingan tertentu sesuai dengan percobaan.



Gambar 3.3 Wadah penampung PAC, Na_2CO_3 dan NaOH

b. Wadah Pencampur

Wadah pencampur adalah bagian yang berfungsi sebagai tempat *mixing process* antara larutan garam dengan larutan PAC, Na_2CO_3 , NaOH untuk mengendapkan kandungan ion yang tidak dibutuhkan (zat pengotor) yang terdapat pada larutan garam sebelum masuk pada proses pengendapan. Pada bagian ini terdapat 1 buah pengaduk yang digerakkan oleh

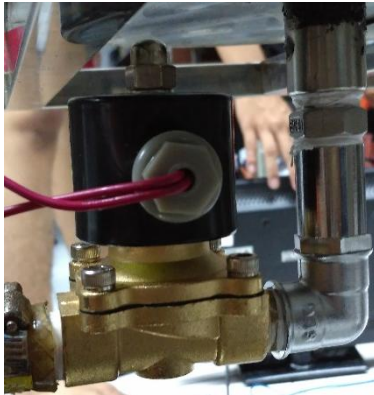
motor dc 12 volt. Pengaduk ini akan bekerja setelah pengisian fluida kedua selesai. Jadi, saat solenoid *valve* 2 (solenoid larutan zat kimia) selesai baru dilanjutkan motor pengaduk yang bekerja selama 10 menit.



Gambar 3.4 Tangki pencampur

c. Solenoid Valve

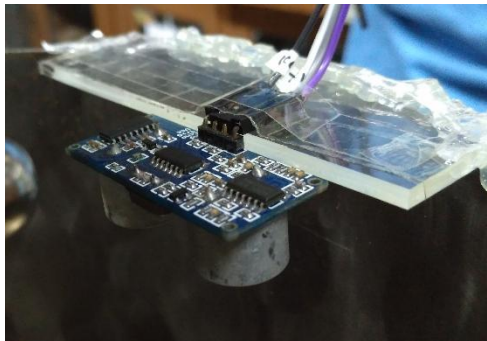
Pada bagian rancang bangun ini terdapat 5 solenoid *valve* yaitu terletak pada bagian bawah wadah penampung Larutan garam, wadah penampung PAC, wadah penampung Na_2CO_3 , wadah penampung PAC dan wadah tangki pencampur yang memiliki spesifikasi tegangan 220 volt AC, *range pressure* 0-10 kg/cm², dan suhu -5°C-80°C. Solenoid *valve* ini berfungsi untuk mengalirkan fluida dari masing-masing wadah.



Gambar 3.5 Selenoid Valve

d. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 pada bagian rancang bangun ini digunakan sebagai pengendali komposisi antara larutan garam dan larutan PAC, Na_2CO_3 , NaOH berdasarkan ketinggian masing-masing fluida pada proses pengisian ke wadah pencampur. Sensor ultrasonik HC-SR04 ini memiliki spesifikasi tegangan 5 volt DC, arus 15 mA, dan *range* pengukuran 2 cm – 4 m



Gambar 3.6 Sensor Ultrasonik HC-SR04

e. Relay

Relay merupakan suatu komponen elektronika yang berfungsi mengalirkan tegangan listrik melalui sebuah penghantar yang digerakkan oleh sebuah medan magnet melalui koil yang dialiri oleh arus listrik. Pada tugas akhir ini menggunakan 4 buah *relay* yang masing-masing memiliki spesifikasi yang sama yaitu dapat dialiri tegangan listrik AC 220 volt dengan arus 10 A dan tegangan listrik DC 30 volt dengan arus 10 A. Sedangkan spesifikasi tegangan untuk mengerakkan koilnya yaitu 5 volt DC

f. *Liquid Crystal Display (LCD)*

Pada tugas akhir ini *liquid crystal display (LCD)* digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran dari sensor ultrasonik yang telah terintegrasi dengan mikrokontroler atmega 8535. LCD yang digunakan pada tugas akhir ini mempunyai ukuran 4 x 20 yang artinya LCD ini memiliki 4 baris karakter dan masing-masing baris mampu menampilkan 20 karakter yang berbeda.



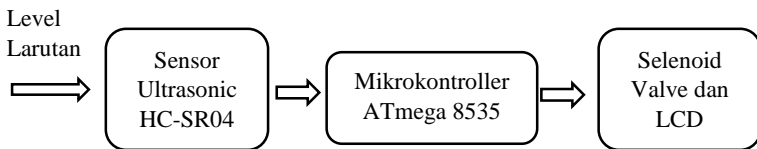
Gambar 3.7 *Liquid Crystal Display (LCD)*

3.3 Perancangan Alat Tugas Akhir

Adapun Perancangan tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut:

- **Perancangan Sistem Pencampur Larutan garam dan PAC, Na_2CO_3 , NaOH**

Perancangan sistem dan pembuatan alat pencampur Larutan garam dan PAC, Na_2CO_3 , NaOH pada *plant* pemurnian garam ini terdiri dari pembuatan perangkat keras (*hardware*), pembuatan perangkat lunak (*software*), serta pembuatan fabrikasi alat. Terdapat diagram blok sistem kendali pada rancang bangun sistem pencampur Larutan garam dan PAC, Na_2CO_3 , NaOH yang dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.8 Diagram Alir Perancangan Alat

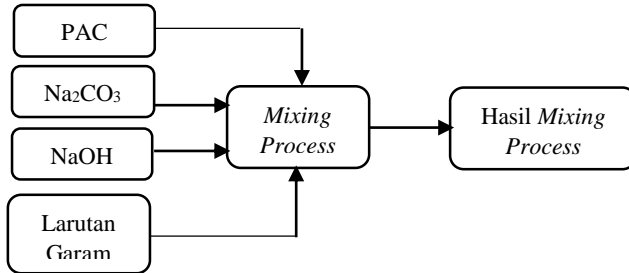
Pada Gambar 3.7. dapat dilihat bahwa input dari sensor ini berupa jarak sehingga setelah sensor ultrasonik mendeteksi jarak antara cairan dengan sensor sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan, maka sensor akan mengirimkan data *digital* ke mikrokontroler atmega8535. Hasil dari pengolahan data pada atmega8535 akan ditampilkan dalam layar *liquid crystal display* (LCD) berukuran 4 x 20 dan solenoid valve akan membuka atau menutup sesuai dengan perintah dari mikrokontroler atmega8535.

- **Perancangan BFD, PFD, dan P&ID**

a. *Block Flow Diagram* (BFD)

Block Flow Diagram adalah diagram blok yang digunakan untuk menggambarkan laju aliran suatu proses tanpa ditunjukan detail bentuk, ukuran pipa dan simbol instrument yang ada didalamnya. berikut

adalah BFD proses pencampur Larutan garam dan PAC, Na_2CO_3 , NaOH yang dapat dilihat pada gambar 3.8.

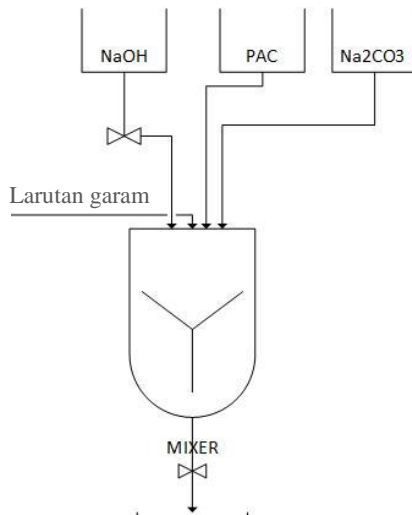


Gambar 3.9 Block Flow Diagram

Dari Gambar 3.9. dapat dijelaskan bahwa larutan garam akan mengalir terlebih dahulu ke dalam wadah pencampur (*mixing process*) sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan berdasarkan nilai persen dari ketinggian wadah pencampur. Setelah itu, larutan PAC, Na_2CO_3 , NaOH akan mengalir ke dalam wadah pencampur sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan dan proses *mixing* akan berjalan selama waktu yang ditentukan

b. Process Flow Diagram (PFD)

Process Flow Diagram adalah sebuah diagram yang didalamnya menunjukkan proses alir suatu sistem yang sudah dilengkapi dengan bentuk alat tetapi masih belum dilengkapi *equipment* dan *instrument* yang bekerja didalamnya. berikut adalah PFD proses pencampur Larutan garam dan PAC, Na_2CO_3 , NaOH yang dapat dilihat pada gambar 3.10.



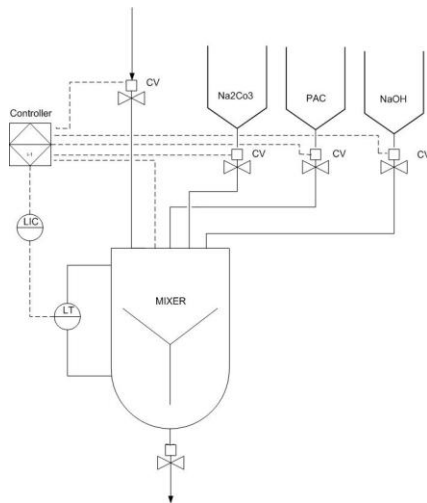
Gambar 3.10 *Process Flow Diagram*

Pada *mini plan* ini dibuat desain *process flow diagram* seperti pada Gambar 3.9. untuk diamati proses apa saja yang terjadi. Sangat diperhatikan faktor dari komposisi campuran air (*aquades*) dengan PAC, Na₂CO₃, NaOH. Pada *process flow diagram* dapat dijelaskan sebuah proses alir dimana pada awalnya aliran larutan garam dan larutan PAC, Na₂CO₃, NaOH dari masing-masing wadah penampung akan mengalir ke dalam wadah pencampur melalui sebuah pipa yang terdapat solenoid *valve* yang berfungsi untuk membuka dan menutup aliran. Setelah itu, proses *mixing* akan berjalan selama selang waktu yang ditentukan. Setelah proses *mixing* selesai, solenoid *valve* pada wadah pencampur akan membuka dan mengeluarkan hasil campuran untuk dimasukkan ke proses selanjutnya. Setelah desain dari *Proses Flow Diagram* dibuat maka langkah selanjutnya yaitu membuat desain *Piping and Instrument*

Diagram seperti pada gambar 3.10

c. Paping & Instrumentation Diagram

Paping & Instrumentation Diagram adalah sebuah diagram yang didalamnya menunjukkan proses alir suatu sistem yang sudah dilengkapi dengan bentuk alat, *equipment* dan *instrument* yang bekerja didalamnya. berikut adalah P&ID proses pencampur Larutan garam dan PAC, Na_2CO_3 , NaOH yang dapat dilihat pada gambar 3.10

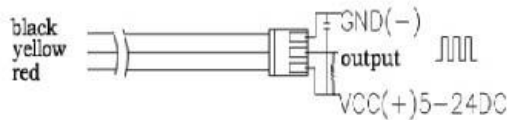


Gambar 3.11 *Paping & Instrumentation Diagram*

• Perancangan Rangkaian Pada Mikrokontroler

Pada tugas akhir ini terdapat perancangan rangkaian dari sensor menuju ke mikrokontroler atmega8535. Gambar 3.11 menunjukkan konfigurasi dari sensor ultrasonic HC-SR04 yang memiliki 4 buah pin yaitu *vcc*, *ground*, *echo*, dan *trigger*. Sensor ini membutuhkan catu daya sebesar 5VDC dan menghasilkan *output* berupa sinyal digital yang

didapatkan dari pantulan sinyal yang mengenai benda yang dikeluarkan oleh *echo* (*transmitter*) dan diterima oleh *trigger* (*receiver*).



Gambar 3.12 Konfigurasi Pin Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sedangkan untuk konfigurasi dari sensor ultrasonik HC-SR04 dengan mikrokontroler atmega8535 yang telah terintegrasi dengan *liquid crystal display* 4x20 dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1. Konfigurasi Pada Atmega8535

Komponen	Konfigurasi	Pin Pada Atmega8535
Sensor	VCC	+5 V
	<i>Echo</i>	PINA.6
	GND	GND
	<i>Trigger</i>	PINA.7
LCD	VDD	+5V
	VSS	GND
	RS	PINC.0
	EN	PINC.1
	RW	PINC.2
	D4	PINC.4
	D5	PINC.5
	D6	PINC.6
	D7	PINC.7

Berikut adalah pembuatan rangkaian Mikrokontroler pada panelBox :



Gambar 3.13 Pemasangan Mikrokontroller pada panelBox

Pada tahap ini dilakukan perakitan dan pembuatan rangkaian mikrokontroller, diantaranya adalah pemasangan *power supply* ke mikrokontroller, penyambungan *relay* ke terminal, serta pemasangan MCB ke *power supply*

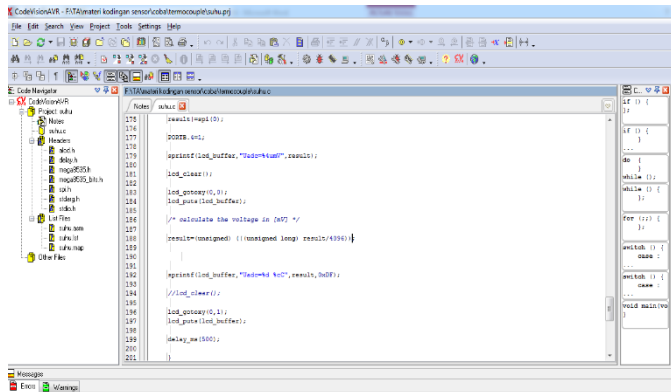
3.4 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada perancangan alat ini terdapat 2 *software* yang masing-masing digunakan untuk membuat program sebelum di *compile* ke mikrokontroler dan digunakan sebagai *compiler* program ke, yaitu *Code Vision AVR V 2.05.0* dan *Khazama V 1.7.0*.

a. *Code Vision AVR V 2.05.0*

Seperti yang terlihat pada gambar 3.13. *software code vision AVR v 2.05.0* digunakan untuk membuat *listing program* yang berisi perintah - perintah guna mengintegrasikan hasil pengukuran komposisi campuran berdasarkan ketinggian pada wadah pencampur yang telah diterima dari sensor menuju ke mikrokontroler atmega8535. Selain itu, dapat juga memberikan perintah

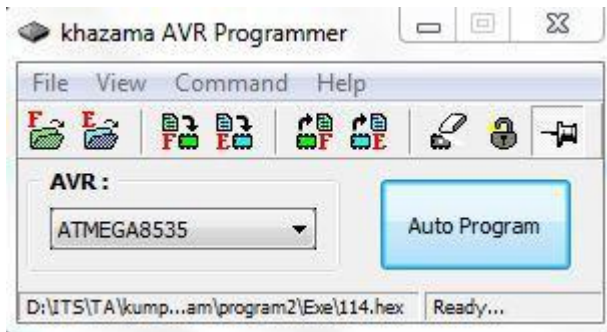
untuk mengintegrasikan mikrokontroler menuju ke *liquid crystal display* 4x20 serta *personal computer*



Gambar 3.14 *software code vision AVR v 2.05.0*

b. Khazama V 1.7.0

Software ini digunakan untuk meng-*compile listing* program yang dibuat pada *code vision AVR* ke mikrokontroler atmega8535. Selain itu, khazama v 1.7.0 juga dapat melakukan pengaturan *clock* dan proses eksekusi program pada mikrokontroler. Tampilan khazama v 1.7.0 yang digunakan pada tugas akhir kali ini dapat dilihat pada gambar 3.14



Gambar 3.15 Khazama V 1.7.0

3.5 Prosedur Operasional

Untuk mengaktifkan *plant* pemurnian garam ini perlu diperhatikan tata cara operasionalnya, yaitu sebagai berikut :

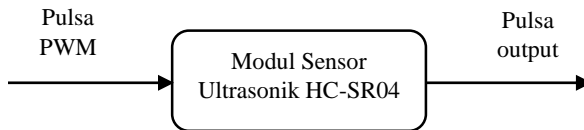
1. Pastikan semua sambungan *wiring* rangkaian telah terpasang dengan benar dan sesuai.
2. Pastikan tidak ada kebocoran pada masing – masing bagian *plant* termasuk tabung dan selang – selangnya.
3. Pastikan pemasangan sensor dilakukan dengan baik dan benar.
4. Pastikan sambungan kabel yang terhubung dengan tegangan AC terhubung dengan benar, sesuai dan pastikan tidak ada kabel yang terkelupas.
5. Pastikan apakah *power supply* untuk kontroler dan bagian-bagian lainnya telah terpasang dan terhubung dengan benar.
6. Hubungkan kabel *power* ke listrik AC PLN
7. Lihat apakah ada sistem yang terjadi *error*. Jika terjadi *error* maka putuskan kabel dari listrik AC PLN dan lakukan *troubleshooting*

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pada tugas akhir rancang bangun sistem pencampur larutan garam dan PAC, Na_2CO_3 NaOH ini telah dilakukan pengujian sensor ultrasonik HC-SR04. Dalam pengujian sensor, masukan dari sensor ultrasonik HC- SR04 adalah besaran fisis berupa pulsa yang memiliki frekuensi tertentu dan memiliki keluaran berupa tegangan. Gambar 4.1 merupakan diagram blok pada pembacaan sensor ultrasonik HC- SR04.



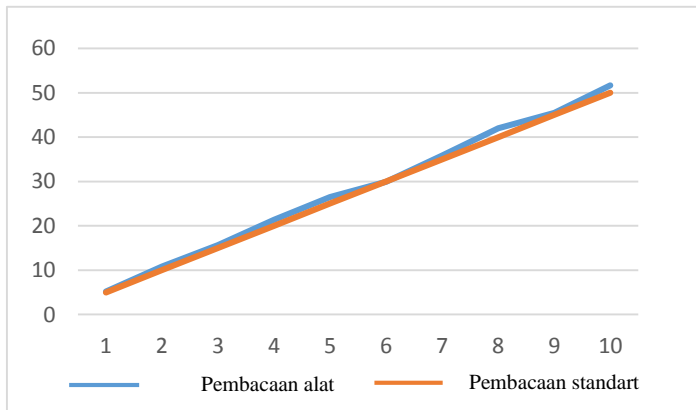
Gambar 4.1 Diagram Alir Sensor

Dari diagram blok diatas, dapat diketahui bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 bekerja dengan cara memancarkan sinyal ultrasonik sesaat berupa pulsa PWM dan menghasilkan pulsa *output* yang sesuai dengan waktu pantul sinyal ultrasonik sesaat ketika kembali menuju sensor. Mikrokontroler memberikan pulsa *high* pada *pin trigger pulse input* dari sensor untuk mengaktifkan sensor ultrasonik. Untuk menghitung lebar PWM yaitu menggunakan *timer 0*. *Pin echo pulse output* terhubung dengan *pin* pada mikrokontroler. Ketika *pin echo pulse output high*, maka *timer 0* akan aktif dan ketika *pin echo* kembali bernilai *low*, maka *timer 0* dinonaktifkan dan data TCNT0 diambil sebagai data jarak. Berdasarkan pengambilan data yang dilakukan pada pembacaan skala didapatkan nilai *error* pada masing-masing nilai pembacaan dengan nilai rata-rata *error* -0,936 yang ditunjukkan pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Pembacaan Skala Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04

No.	Pembacaan Alat	Pembacaan Standar	Koreksi
1	5,19	5	-0,18
2	10,82	10	-0,82
3	15,64	15	-0,64
4	21,33	20	-1,33
5	26,51	25	-1,51
6	29,91	30	0,09
7	35,89	35	-0,89
8	42	40	-2
9	45,44	45	-0,44
10	51,64	50	-1,64
Jumlah	284,36	275	-9,36
Rata-rata	28,436	27,5	-0,936

Berikut merupakan grafik yang menunjukkan hasil pembacaan skala sensor ultrasonik HC-SR04 yang ditunjukkan oleh gambar 4.2

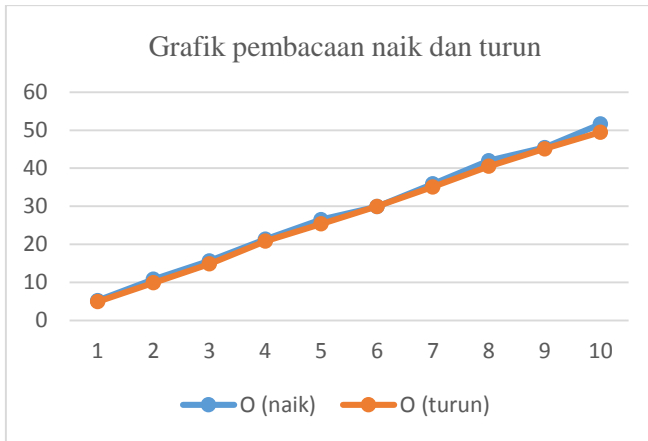
**Gambar 4.2** Grafik Pembacaan Skala Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pada gambar 4.2 terdapat 2 grafik yaitu pembacaan alat pada grafik berwarna biru dan pembacaan standar pada grafik berwarna *orange*. Selain itu, juga menunjukkan *error* pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 pada masing-masing titik atau nilai yang telah ditentukan. Nilai *error* didapatkan dari hasil pengurangan antara nilai pembacaan standar dengan nilai pembacaan alat. Selain pengujian pembacaan skala pada sensor ultrasonik HC-SR04, juga dilakukan pengujian pembacaan naik dan turun pada sensor dengan hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Pembacaan Naik dan Turun Sensor Ultrasonik HC-SR04

No.	O (naik)	O (turun)
1.	5,19	4,92
2.	10,82	9,88
3.	15,64	14,83
4.	21,33	20,82
5.	26,51	25,35
6.	29,91	29,94
7.	35,89	35,1
8.	42	40,52
9.	45,44	45,11
10.	51,64	49,49

Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil pembacaan naik dan pembacaan turun pada sensor ultrasonik HC-SR04 yang ditunjukkan pada tabel 4.2, didapatkan hasil *plotting* grafik yang ditunjukkan gambar 4.2 berikut

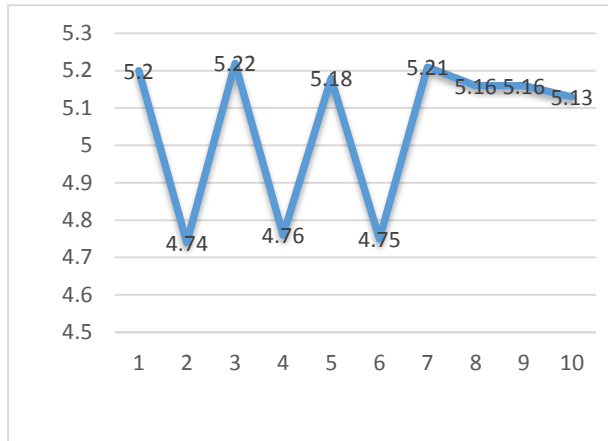


Gambar 4.3 Grafik Pembacaan Naik dan Turun Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pada gambar 4.3 terdapat 2 buah grafik yaitu pembacaan naik yang ditunjukkan oleh grafik berwarna biru dan pembacaan turun yang ditunjukkan oleh grafik berwarna *orange*. Selain itu, dari hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 didapatkan spesifikasi alat melalui data karakteristik static yang menghasilkan data sebagai berikut :

a. Presisi

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada sensor ultrasonik HC-SR04 dapat diketahui nilai kepresisian sensor ultrasonik HC-SR04 dengan menggunakan persamaan 2.2 yaitu 0,989



Gambar 4.4 Grafik Presisi Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04

Grafik pada gambar 4.3 diatas menunjukkan bahwa pembacaan berulang pada alat mendekati nilai pembacaan standar, meskipun ada beberapa titik yang menunjukkan pembacaan yang sedikit menyimpang terlalu besar yaitu pada pembacaan ke-2, ke-4, dan ke-6 yang masing-masing 4,74, 4,76, dan 4,75

b. Linearitas

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada sensor ultrasonik HC-SR04 dapat diketahui linearitas sensor ultrasonik HC-SR04.

$$K = \frac{O_{max} - O_{min}}{I_{max} - I_{min}} \quad (4.1)$$

$$K = \frac{51,64 - 5,19}{50 - 5} = 1,03222$$

$$\partial = O_{min} - (K \cdot I_{min}) \quad (4.2)$$

$$\partial = 5,19 - (1,03222 \cdot 5) = 0,028889$$

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan o_{ideal} sensor Ultrasonik

No	Pembacaan standart	o_{ideal}
1	5	5,19
2	10	10,53111
3	15	15,51222
4	20	20,67333
5	25	25,83444
6	30	30,99556
7	35	36,15667
8	40	41,31778
9	45	46,47889
10	50	51,64

c. *Hysterisis*

Pengujian yang dilakukan pada alat melalui pembacaan naik dan pembacaan turun, didapatkan nilai histerisis dari alat seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3

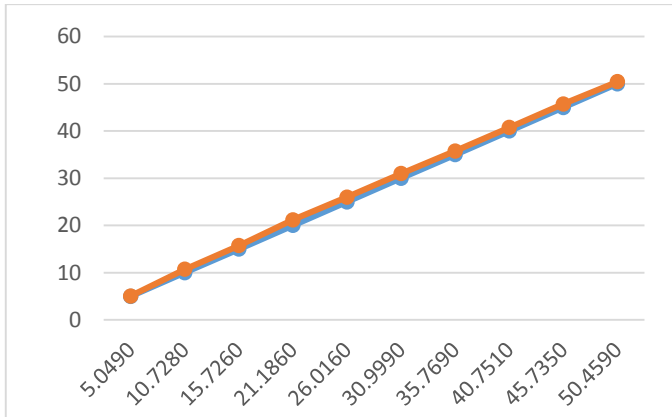
Tabel 4.4 Nilai *Hysterisis* Sensor Ultrasonik HC-SR04

No.	O (naik)	O (turun)	O(max)	O(min)	Hysterisis
1.	5,19	4,92	51,64	4,92	0,948202
2.	10,82	9,88			0,733947
3.	15,64	14,83			0,532534
4.	21,33	20,82			0,294735
5.	26,51	25,35			0,073416
6.	29,91	29,94			-0,0976
7.	35,89	35,1			-0,32256
8.	4	40,52			-0,58155
9.	45,44	45,11			-0,76113
10.	51,64	49,49			-1

$$\dot{H} = H(I)_{max} \quad (4.3)$$

$$\%H = \frac{\dot{H}}{o_{max} - o_{min}} \times 100\%$$

$$\%H = \frac{\dot{H}}{51,64 - 4,92} \times 100\% = 0,000137441 \%$$



Gambar 4.5 Grafik Histerisis Sensor Ultrasonik HC-SR04

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.6, pembacaan naik dan pembacaan turun pada sensor menghasilkan nilai *Hysterisys* 0,000137441%. Selain itu, penyimpangan yang ditunjukkan oleh grafik pada gambar 4.6 tidak terlalu besar.

d. Akurasi

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada sensor ultrasonik HC-SR04 melalui pembacaan skala dapat diketahui akurasi dari sensor ultrasonik HC-SR04.

$$akurasi = 1 - \frac{(rata-rata pembacaan standart)-(rata-rata pembacaan alat)}{rata-rata pembacaan standart} \quad (4.4)$$

$$\begin{aligned} akurasi &= 1 - \frac{27,5-28,2489}{27,5} \\ &= 1.027232 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%akurasi &= (100 - akurasi) \times 100\% \\ &= 98,97276 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan nilai akurasi sensor ultrasonik HC-SR04 menggunakan persamaan 4.4, didapatkan tingkat akurasi sensor ultrasonik HC-SR04 98,97303

%. Berdasarkan hasil tersebut, tingkat keakurasian dari sensor ultrasonik HC-SR04 masih tinggi dan masih layak digunakan.

e. Sensitivitas

Nilai sensitivitas dari sensor ultrasonik HC-SR04 dapat menjelaskan mengenai kemampuan sensor untuk membaca perubahan input yang diberikan.

$$\text{sensitivitas } (K) = \frac{\Delta o}{\Delta I} \quad (4.5)$$

$$\text{sensitivitas } (K) = \frac{51,6490 - 5,0490}{50 - 5} = 1.03555$$

• **Pengujian Ketidakpastian Pembacaan Alat**

UA1 adalah perbandingan data pengukuran sensor dengan alat yang sebenarnya atau dengan standar. Selanjutnya dari data tersebut akan ditemukan nilai rata-rata, standar deviasi, dan *repeatability*. Sedangkan UA2 adalah perbandingan nilai data yang satu dengan data yang satu dengan data yang selanjutnya, sehingga dapat dihitung nilai *error* dari data tersebut.

a. Analisa Tipe A

Pada tipe ini biasanya ditandai dengan adanya data pengukuran, pada tugas akhir ini dilakukan 10 kali pengambilan data.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4.6)$$

$$= 0,316211$$

$$Ua1 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$Ua1 = \frac{0,316211}{\sqrt{10}} \quad (4.7)$$

$$Ua1 = 0.09999$$

$$b = \frac{n \sum(xy) - (\sum x - \sum y)}{n \sum x^2 - x^2} \quad (4.8)$$

$$b = \frac{(10x(-210,485)) - ((-7,4180)x(275))}{10(9625)^2 - (275)^2}$$

$$= -0,003146667$$

$$a = -655266667$$

$$Ua2 = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \quad (4.9)$$

$$= \sqrt{\frac{0,879488}{10 - 2}}$$

$$= 0,331565931$$

b. Analisa Tipe B

Pada analisa tipe ini dibagi dibagi menjadi 2 yaitu ketidakpastian resolusi (U_{B1}) dan ketidakpastian standar (U_{B2}).

$$U_{B1} = \frac{\text{Resolusi}}{\frac{2}{\sqrt{3}}} \quad (5.0)$$

$$U_{B1} = \frac{0,01}{\frac{2}{\sqrt{3}}} \\ = 0,002886751$$

$$U_{B2} = 2\% x \frac{\text{max. pembacaan standar}}{2} \quad (5.1)$$

$$U_{B2} = 2\% x \frac{50}{2} \\ = 0,5$$

c. Ketidakpastian Kombinasi (U_C)

Ketidakpastian kombinasi merupakan gabungan dari semua hasil perhitungan ketidakpastian untuk

memberikan gambaran menyeluruh ketidakpastian dari hasil kalibrasi. Rumus umum dari ketidakpastian kombinasi sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 U_c &= \sqrt{\sum(U_a)^2 + \sum(U_B)^2} \\
 &= \sqrt{0,999944978^2 + 0,331565931^2} \\
 &= \sqrt{0,002886751^2 + 0,5^2} \\
 &= 0,60822964
 \end{aligned} \tag{5.2}$$

- d. Derajat Kebebasan Efektif (V_{eff})

Dengan nilai $V_1=9$, $V_2=9$, $V_3=tak\ terhitung$, dan $V_4=50$ maka dapat dicari V_{eff} dengan persamaan 5.3.

$$\begin{aligned}
 V_{eff} &= \frac{U_c^4}{\frac{U_{a1}^4}{V_1} + \frac{U_{a1}^4}{V_2} + \frac{U_{b1}^4}{takterhitung} + \frac{U_{b1}^4}{V_2}} \\
 &= 53
 \end{aligned} \tag{5.3}$$

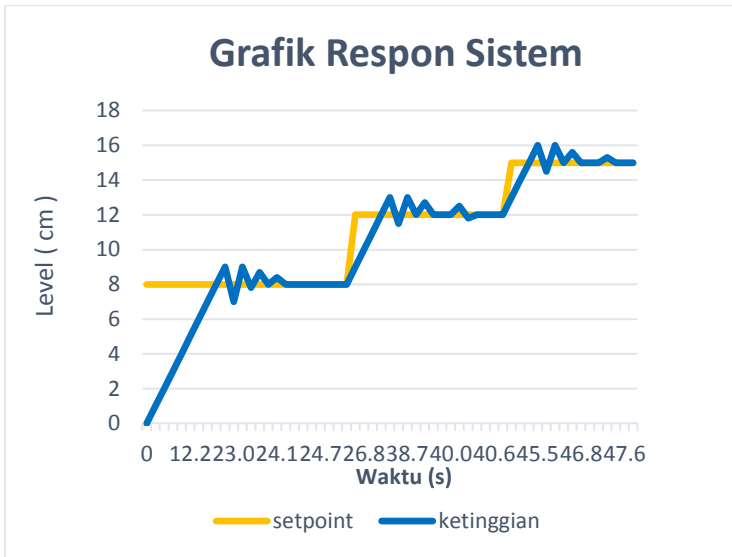
- e. Ketidakpastian Diperluas (U_{exp})

Untuk mencari nilai ketidakpastian diperluas (U_{exp}), maka dapat dicari menggunakan persamaan 5.4 dengan nilai $k=2,006$ dan dengan tingkat kepercayaan 95%.

$$\begin{aligned}
 U_{exp} &= k \cdot U_c \\
 &= 2,006 \times 0,60822964 \\
 &= 1,220094918
 \end{aligned} \tag{5.4}$$

- **Respon Sistem**

Pada pengambilan data didapatkan grafik yang menggambarkan respon sistem untuk mencapai *set point*. Terdapat 3 macam nilai *set point* yaitu pada ketinggian 8 cm, 12 cm, dan 15 cm.



Gambar 4.6 Grafik Respon sistem

Tabel 4.5 Respon Sistem *Tracking Set Point*

Nilai	Level		
	8 cm	12 cm	15 cm
Tr	21 s	7 s	4.5 s
Mp	1 cm	1 cm	1 cm
Tp	22.8	38.2	45.5
Ess	0.4	0.2	0.3

Tabel 4.5 merupakan respon sistem *tracking point*. Tr (*rise time*) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *set point*. Dari ketinggian 0 cm ke 8 cm membutuhkan waktu 21 detik untuk mencapai *set point* 8 cm. Dari 8 cm ke 12 cm membutuhkan waktu 7 detik. Sedangkan dari 12 cm ke 15 cm membutuhkan waktu 4.5 detik. Nilai *maximum overshoot* (Mp) dari sistem yaitu 1 cm. *peak time* (Tp) adalah waktu yang dibutuhkan respon dari $t = 0$ sampai

mencapai puncak pertama *overshoot*, Sedangkan *Error steady state* (*Ess*) adalah selisih nilai respon dan setpoint pada keadaan *steady*.

4.2 Pembahasan

Pada sistem pencampur larutan garam dan PAC ini terdapat sistem pengendalian *level*. Sistem pengendalian *level* tersebut untuk menjaga ketinggian fluida pada tangki pencampur. Sensor yang digunakan adalah sensor ultrasonik HC-SR04. Menggunakan mikrokontroller ATmega 8535 sebagai kontroller. Sistem pengendalian tersebut untuk memberikan aksi pada *solenoid valve* 1. Digunakan *set point* 13 cm untuk mematikan *solenoid valve* 1

Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui karakteristik static dan nilai ketidakpastian dari sensor. Untuk mencari nilai ketidakpastian dari sensor, dilakukan suatu pengukuran pada sensor dan menggunakan penggaris standar untuk pembandingnya. Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, diketahui nilai dari ketidakpastian hasil pengukuran (UA1) sebesar 0.09999. Kemudian dicari nilai ketidakpastian regresi (UA2) dengan mencari nilai SSR terlebih dahulu. Untuk nilai ketidakpastian regresi (UA2) dari sensor yaitu sebesar 0,3315659. Kemudian dicari nilai ketidakpastian resolusi (UB1) dan ketidakpastian alat standar (UB2). Nilai dari ketidakpastian resolusi (UB1) sebesar 0,00288675, sedangkan nilai dari ketidakpastian alat standar sebesar 0,5. Nilai dari ketidakpastian diperluas (Uexp) sebesar 1,2200949. Nilai dari ketidakpastian diperluas tersebut dapat menjadi acuan untuk pembacaan sensor.

Dari pengujian sensor yang telah dilakukan, diketahui bahwa *error* pembacaan sensor sebesar 0,9872. Pada pengujian terhadap sistem kontrol dilakukan dengan mengaktifkan sistem, kemudian *solenoid valve* 1 akan membuka dan mengalirkan aliran fluida ke tangki pencampur. Ketika fluida mencapai setpoint 13 cm maka *solenoid valve* 1 akan menutup dan *solenoid Valve* 2 akan membuka selama 5 detik untuk mengalirkan larutan kimia (PAC, Na_2CO_3 dan NaOH), kemudian motor akan berputar selama 10 menit untuk melakukan proses mixing larutan kimia dan garam.

Uji respon pada sistem perlu dilakukan untuk mengetahui respon sistem alat apakah sudah bekerja dengan baik. Dari grafik respon sistem *tracking set point*, dapat dilihat bahwa nilai T_r (*rise time*) untuk ketinggian 0 cm ke 8 cm sebesar 21 detik. Untuk ketinggian 8 cm ke 12 cm membutuhkan waktu 7 detik. dari 12 cm ke 15 cm membutuhkan waktu 4.5 detik. Nilai M_p (*maximum overshoot*) dari sistem yaitu 1 cm. *Error steady state (Ess)* ketika diberi setpoint 8 adalah 0.4 cm, *Error steady state (Ess)* ketika diberi setpoint 12 adalah 0.2 cm dan *Error steady state (Ess)* ketika diberi setpoint 15 adalah 0.3 cm. Dalam hal ini pengujian yang dilakukan terhadap sistem berhasil memenuhi kondisi yang diinginkan sehingga sistem kerja alat dapat berjalan sesuai yang diharapkan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Alat yang digunakan untuk mengatur campuran antara larutan garam, PAC, Na_2CO_3 dan NaOH menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dengan rata-rata tingkat kepresisiannya adalah 0,990295, akurasi 98,97%, dan sensitivitas 1.03555. Sensor ultrasonik HC-SR04 bekerja mengatur volume cairan yang masuk ke wadah *mixing process*.
2. Alat pengaduk otomatis akan bergerak setelah larutan PAC, Na_2CO_3 , NaOH mengalir ke wadah *mixing process* dengan durasi waktu 15 menit dengan putaran motor sekitar 75 rpm, karena jika putaran motor DC terlalu lambat maka tidak akan terbentuk flok (gumpalan), dan apabila putaran motor terlalu cepat flok (gumpalan) tidak akan terbentuk pada proses ini.
3. Respon sistem pada ketinggian level 0 cm ke 8 cm memiliki nilai rise time (T_r) = 21 detik, *maximum overshoot* (M_p) = 1 cm, *peak time* (T_p) = 22.8 detik, dan untuk ketinggian level 8 cm ke 12 cm memiliki nilai rise time (T_r) = 7 detik, *maximum overshoot* (M_p) = 1 cm, *peak time* (T_p) 38.2 detik.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Pengujian sensor harus dilakukan secara teliti karena jika ada kesalahan pada perhitungan maupun pada saat pelaksanaan akan menyebabkan kesalahan dalam perhitungan sensor.
2. Sebaiknya penempatan selenoid valve diperhatikan sesuai manual book solenoid itu sendiri, ini supaya laju aliran dapat mengalir sesuai dengan yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mariana, D. 2005. Dunia Elektronika Dan Mikrokontroler. <http://www.duniaelektronikadanmikrokontroler.com>. Diakses pada tanggal 10 April 2017.
- [2] Millah, S. 2007. Pneumatik dan Hidrolik. <http://www.kontrolfluida.co.id>. Diakses pada tanggal 17 Maret 2017.
- [3] Suharsaputra, U. 2009. Jenis-Jenis Motor Servo. <http://www.electricaleducation.com>. Diakses pada tanggal 15 Maret 2017
- [4] Mariana, D. 2005. Sensor Ultrasonik HC-SR04. <http://www.duniaelektronikadanmikrokontroler.com>. Diakses pada tanggal 10 April 2017.
- [5] Bentley, John P. Principles of Measurement Systems – 4th edition. London : Pearson Education Limited
- [6] Darnoto, S., & Astuti, D. (2009). Pengaruh Penambahan Poly Aluminium Chloride (PAC) terhadap Tingkat Kekeruhan, Warna, dan Total Suspended Solid (TSS) pada Leachate (Air Lindi) di TPAS Putri Cempo Mojosongo Surakarta. *Jurnal Kesehatan, ISSN 1979-7621, VOL. 2, NO. 2, DESEMBER 2009 Hal 179-184*, 179-180
- [7] Pratama, Zandhika alfi 2016. Inovasi pemurnian garam menghasilkan *high sodium chloride* melalui metode rekristalisasi dengan penambahan koagulan *poly aluminium chloride* sehingga meningkatkan perekonomian masyarakat pesisir, Jurusan D3 Teknik Kimia, ITS Surabaya

LAMPIRAN A

DATA SHEET ATMEGA8535

Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 512 Bytes Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels for TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x for TQFP Package Only
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources



8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 8K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega8535
ATmega8535L

Summary

- Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega8535L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega8535
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega8535L
 - 0 - 16 MHz for ATmega8535

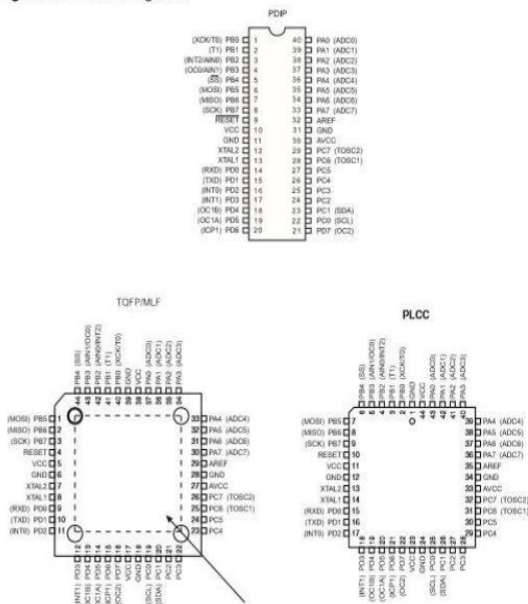
2502KS-AVR-10/06

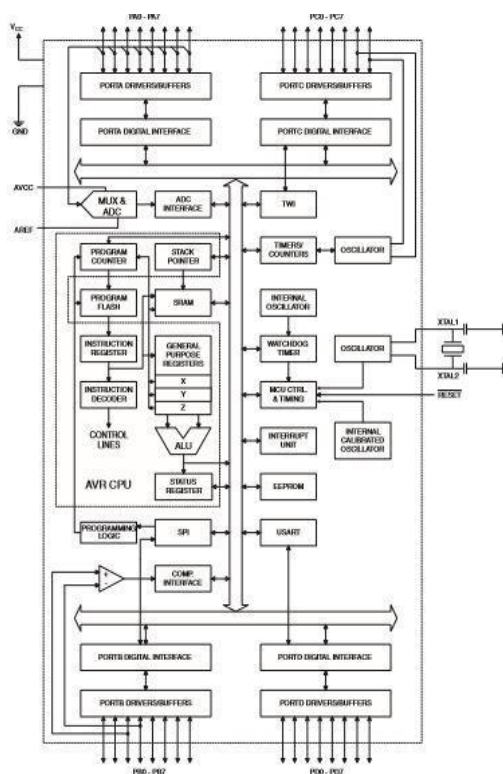


Note: This is a summary document. A complete document is available on our Web site at www.atmel.com.

Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535





LAMPIRAN B

DATA SHEET ULTRASONIK HC-SR04



Tech Support: services@elecfreaks.com

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal.
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time × velocity of sound (340M/S)) / 2.

Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40KHz
Max Range	4m
Min Range	2cm
Measuring Angle	15 degree
Trigger Input Signal	10us TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm



Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10 μ s pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula: $\mu\text{s} / 58 = \text{centimeters}$ or $\mu\text{s} / 148 = \text{inch}$; or: the range = high level time * velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



LAMPIRAN C DATA SHEET SOLENOID VALVE

PNEUMISSION

Solenoid Valve 2W, 2L, 2/2 Series

Technical data

Type	2W025-08	2W025-08	2W040-10
Port size(Ø)	1/8"	1/4"	3/8"
Fluid	Air, Water, Oil		
Temperature range	-5~80℃		
Operating pressure(MPa)	0~0.7		
Acting type	Direct acting		



How to Order

2W

Series
2W:2 Position 2 Way

025

Port diameter
025:25mm
040:40mm

06

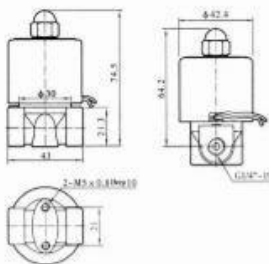
Port Size
06:G1/8"
08:G1/4"
10:G3/8"

AC110V

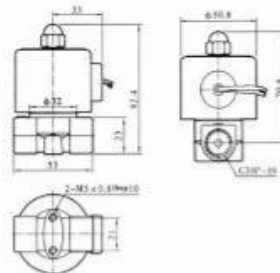
Coil Voltage
DC12V
DC24V
AC24V 50/60Hz
AC110V 50/60Hz
AC220V 50/60Hz
AC380V 50/60Hz

Dimensions(mm):

2W025-06, 08



2W040-10



Solenoid Valve 2W, 2L, 2/2 Series

Technical data

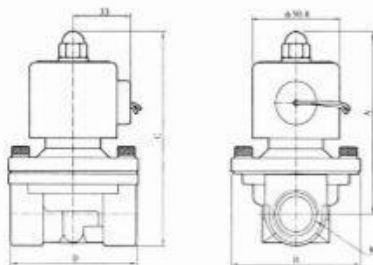
Type	2W100-15	2W200-20	2W250-25	2W250-35	2W400-40	2W500-50
Port size(G)	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Fluid	Air Water Oil					
Temperature range	-5~80°C					
Operating pressure(MPa)	Air:0~0.7; Water:0~0.5; Oil:0~0.5					



How to order:

2W	160	15	AC110V
Series 2W2 Position 2 Way	Port diameter 160:16mm 200:20mm 250:25mm 350:35mm 400:40mm 500:50mm	Port Size 15:G1/2" 20:G3/4" 25:G1" 35:G1 1/4" 40:G1 1/2" 50:G2"	Coil Voltage DC12V DC24V AC24V 50/60HZ AC110V 50/60HZ AC220V 50/60HZ AC380V 50/60HZ

Dimensions(mm):



Type	A	B	C	D	K
2W160-15	93	57	106.5	69	G1/2"
2W200-20	100	57	116.4	73	G3/4"
2W250-25	105	73.4	126	99	G1"
2W250-35	142	95	172	123	G1 1/4"
2W400-40	142	95	172	123	G1 1/2"
2W500-50	172	123	209	168	G2"

LAMPIRAN D

LISTING PROGRAM

Project : Garam barokah sistem non kontinyu

Version : 1

Date : 6/9/2017

Author : NUR IMAM AHMADI

Company : D3-TEKNIK INSTRUMEN

Comments:

Chip type : ATmega8535

Program type : Application

AVR Core Clock frequency: 4.000000 MHz

Memory model : Small

External RAM size : 0

Data Stack size : 128

*****/

```
#include <mega8535.h>
```

```
#include <delay.h>
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <stdbool.h>
```

```
#include <spi.h>
```

```
// Alphanumeric LCD functions
```

```
#include <alcd.h>
```

```
// Standard Input/Output functions
```

```
#include <stdio.h>
```

```
#define TRIG PORTB.3
```

```
#define ECHO PINB.2
```

```
#define TRIG1 PORTB.1
```

```
#define ECHO1 PINB.0
```

```
#define HX711_SCK PORTA.1
```

```

#define HX711_DT PINA.0
#define HIGH 1
#define LOW 0
unsigned int count1,count2;
int ketinggian,ketinggian2;
unsigned char strketinggian[16], strketinggian2[16],x,y;
unsigned char pembacaan_sensor2();
char lcd_buffer[33];
unsigned result;
unsigned char countx, temp[16];
int detik=0,menit=0,jam=0,x1=1,l1=0,l2=0,l3=0,l4=0;

```

```

// Timer 0 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
    // Reinitialize Timer 0 value
    TCNT0=0xD8;
    countx++;

}

```

```

void hitung_waktu()
{
    if (countx>=100)
    {
        detik++;
        countx=0;
    }
    if(detik>=60){
        menit++;
        detik=0;
    }
    if(menit>=60)
    {
        jam++;
    }
}

```

```
menit=0;
```

```
}
```

```
}
```

```
unsigned char pembacaan_sensor(){
```

```
count1=0;
```

```
PORTB.3=1;//inisialisasi sensor
```

```
delay_us(15);
```

```
PORTB.3=0;
```

```
delay_us(15);
```

```
PORTB.3=1;
```

```
delay_us(15);
```

```
PORTB.3=1;
```

```
while (PINB.2==0){};
```

```
while (PINB.2==1)
```

```
{
```

```
count1++;
```

```
}
```

```
ketinggian=(19-(count1*0.043332));
```

```
delay_ms(400);
```

```
return ketinggian;
```

```
}
```

```
void aksi(){
```

```
if (x1==1){
```

```
    PORTA.2=0;
```

```
    delay_ms(8500);
```

```
    PORTA.2=1;
```

```
    delay_ms(4000);
```

```
    PORTA.3=0;
```

```
    delay_ms(8500);
```

```
    PORTA.3=1;
```

```
    PORTA.4=0;
```

```
    delay_ms(5500);
```

```
    PORTA.4=1;
```

```

    delay_ms(4000);
    PORTA.5=0;
    delay_ms(5500);
    PORTA.5=1;
    PORTA.6=0;
    delay_ms(3000);
    PORTA.6=1;
    delay_ms(3000);
    while(l1<2){
    PORTD.2=0;
    delay_ms(60000);
    l1++;
    }
    PORTD.2=1;
    delay_ms(500);
    x1+=1; }
}

void aksi2(){
if (x1==2){
    PORTD.6=0;
    delay_ms(3000);
    PORTD.6=1;
    while (l2<2){
    PORTD.3=0;
    delay_ms(60000);
    l2++;
    }
    PORTD.3=1;
    while (l3<30){
    PORTD.7=0;
    delay_ms(1000);
    l3++;
    }
    while (l4<30){
    PORTD.7=1;

```

```

        delay_ms(60000);
        l4++;
    }
    PORTA.7=0;
    delay_ms(5000);
    PORTA.7=1;
    x1+=1; }
}

```

//lobal variables here

```
void main(void)
```

```
{
```

```
// Declare your local variables here
```

```
// Input/Output Ports initialization
```

```
// Port A initialization
```

```
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out
```

```
Func1=Out Func0=Out
```

```
// State7=1 State6=1 State5=1 State4=1 State3=1 State2=1 State1=1 State0=1
```

```
PORTA=0xFF;
```

```
DDRA=0xFF;
```

```
// Port B initialization
```

```
// Func7=Out Func6=In Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=In Func1=Out
```

```
Func0=In
```

```
// State7=0 State6=T State5=0 State4=0 State3=0 State2=T State1=0 State0=T
```

```
PORTB=0x00;
```

```
DDRB=0xBA;
```

```
// Port C initialization
```

```
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out
```

```
Func1=Out Func0=Out
```

```
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=1 State3=0 State2=0 State1=0 State0=0
```

```
PORTC=0x00;
```

```
DDRC=0xFF;
```

```
// Port D initialization
```

```
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out Func1=In  
Func0=In
```

```
// State7=1 State6=1 State5=1 State4=1 State3=1 State2=1 State1=T State0=T
```

```
PORTD=0xFC;
```

```
DDRD=0xFC;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: 3.906 kHz
```

```
// Mode: Normal top=0xFF
```

```
// OC0 output: Disconnected
```

```
TCCR0=0x05;
```

```
TCNT0=0xD8;
```

```
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: Timer1 Stopped
```

```
// Mode: Normal top=0xFFFF
```

```
// OC1A output: Discon.
```

```
// OC1B output: Discon.
```

```
// Noise Canceler: Off
```

```
// Input Capture on Falling Edge
```

```
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
```

```
// Input Capture Interrupt: Off
```

```
// Compare A Match Interrupt: Off
```

```
// Compare B Match Interrupt: Off
```

```
TCCR1A=0x00;
```

```
TCCR1B=0x00;
```

```
TCNT1H=0x00;
```

```
TCNT1L=0x00;
```

```
ICR1H=0x00;
```

```
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x01;

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: Off
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x08;
UCSRC=0x86;
```

```
UBRRH=0x00;
```

```
UBRRL=0x19;
```

```
// Analog Comparator initialization
```

```
// Analog Comparator: Off
```

```
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
```

```
ACSR=0x80;
```

```
SFIOR=0x00;
```

```
// ADC initialization
```

```
// ADC disabled
```

```
ADCSRA=0x00;
```

```
// SPI initialization
```

```
// SPI Type: Master
```

```
// SPI Clock Rate: 1000.000 kHz
```

```
// SPI Clock Phase: Cycle Start
```

```
// SPI Clock Polarity: Low
```

```
// SPI Data Order: MSB First
```

```
SPCR=(0<<SPIE) | (1<<SPE) | (0<<DORD) | (1<<MSTR) | (0<<CPOL) |  
(0<<CPHA) | (0<<SPR1) | (0<<SPR0);
```

```
SPSR=(0<<SPI2X);
```

```
// TWI initialization
```

```
// TWI disabled
```

```
TWCR=0x00;
```

```
// Alphanumeric LCD initialization
```

```
// Connections are specified in the
```

```
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD menu:
```

```
// RS - PORTC Bit 0
```

```
// RD - PORTC Bit 1
```

```
// EN - PORTC Bit 2
```

```
// D4 - PORTC Bit 4
```



```

// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 20
lcd_init(20);
lcd_gotoxy(5,0);
lcd_putsf("MINI PLANT");
lcd_gotoxy(3,1);
lcd_putsf("PEMURNIAN GARAM");
lcd_gotoxy(9,2);
lcd_putsf("1.0");
delay_ms(3000);
lcd_clear();

// Global enable interrupts
#asm("sei")

while (1)
{
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("-DOA IBU MENYERTAI -");
    x = pembacaan_sensor();
    sprintf(strketinggian,"%3d", x);
    lcd_gotoxy(13,1);
    lcd_putsf("cm");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("level=");
    y = pembacaan_sensor2();
    sprintf(strketinggian2,"%3d", y);
    lcd_gotoxy(13,2);
    lcd_putsf("cm");
    lcd_gotoxy(0,2);
    lcd_putsf("level2=");
    lcd_gotoxy(7,2);
    lcd_puts(strketinggian);

```

```

lcd_gotoxy(7,1);
lcd_puts(strketinggian2);
PORTB.4=0;
result=(unsigned) spi(0)<<8;
result|=spi(0);
PORTB.4=1;
result=(unsigned) (((unsigned long) result*5000)/4096L);
sprintf(lcd_buffer,"suhu=%4u.%u %cC",result/40,(result%40),0xDF);
lcd_gotoxy(0,3);lcd_puts(lcd_buffer);

```

```

aksi();
if (y<7&&PORTD.5==1&&x1==2)//l2<=1)//&&l2==0)//&&x==0)
{
    PORTD.4=0;
//    l1+=1;
}
else PORTD.4=1;
if (x<7&&PORTD.4==1&&x1==2)//&&l1>=1)//&&y==18)
{
    PORTD.5=0;
//    l2+=1;
}
else PORTD.5=1;
if (x>=7){
    aksi2();}
if ((result/40)<100&&x1>=3){
    PORTA.1=0;
}
else PORTA.1 =1;
printf("suhu= %4u/n",result/40);
}
}

```

```
unsigned char pembacaan_sensor2(){
count2=0;
PORTB.1=1;//inisialisasi sensor
delay_us(10);
PORTB.1=0;
delay_us(10);
PORTB.1=1;
while (PINB.0==0){};
while (PINB.0==1)
{
count2++;//delay_us(58);
}
ketinggian2=(23-(count2*0.043332));
delay_ms(400);
return ketinggian2;
}
```

LAMPIRAN E

HASIL PEMBACAAN KARAKTERISTIK STATIK

Pembacaan Standart (t)	Pembacaan Alat										Rata-Rata Pemb. Alat (x)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	5.2	4.73	5.22	4.76	5.18	4.73	5.22	5.16	5.16	5.13	5.0490
10	10.71	10.69	10.69	10.73	10.73	10.75	10.75	10.73	10.75	10.75	10.7280
15	15.98	15.91	15.98	15.8	15.91	15.96	15.47	15.98	15.49	15.49	15.7970
20	21.22	21.1	21.18	21.11	21.89	21.91	20.89	20.86	20.86	20.84	21.1860
25	26.45	25.98	25.89	25.54	26.04	25.96	26.43	26.48	25.91	25.48	26.0160
30	31.07	31.09	30.68	31.16	31.16	30.74	31.18	30.66	31.09	31.16	30.9990
35	35.81	36.29	35.79	35.62	35.6	35.73	35.73	35.73	35.73	35.66	35.7690
40	40.73	40.62	40.75	40.73	40.8	40.82	40.8	40.73	40.82	40.71	40.7510
45	45.82	45.78	45.67	45.78	45.76	45.43	45.72	45.52	45.89	45.98	45.7350
50	50.57	50.53	50.2	50.96	50.18	50.55	50.03	50.5	50.57	50.5	50.4590

No.	Pembacaan Alat	Pembacaan Standar	Koreksi
1	5,19	5	-0,18
2	10,82	10	-0,82
3	15,64	15	-0,64
4	21,33	20	-1,33
5	26,51	25	-1,51
6	29,91	30	0,09
7	35,89	35	-0,89
8	42	40	-2
9	45,44	45	-0,44
10	51,64	50	-1,64
Jumlah	284,36	275	-9,36
Rata-rata	28,436	27,5	-0,936

No.	O (naik)	O (turun)	O(max)	O(min)	Hysterisis
1.	5,19	4,92	51,64	4,92	0,948202
2.	10,82	9,88			0,733947
3.	15,64	14,83			0,532534
4.	21,33	20,82			0,294735
5.	26,51	25,35			0,073416
6.	29,91	29,94			-0,0976
7.	35,89	35,1			-0,32256
8.	42	40,52			-0,58155
9.	45,44	45,11			-0,76113
10.	51,64	49,49			-1

NO	Setpoint	Ketinggian (cm)	waktu (s)
1	8	0	0
2	8	1	5.4
3	8	2	7.6
4	8	3	8.8
5	8	4	11.0
6	8	5	12.2
7	8	6	14.9
8	8	7	18.4
9	8	8	21.0
10	8	9	22.8
11	8	7	23.0
12	8	9	23.3
13	8	8	23.5
14	8	9	23.8
15	8	8	24.1
16	8	9	24.1
17	8	8	24.2
18	8	8	24.3
19	8	8	24.4
20	8	8	24.5
21	8	8	24.7
22	8	8	24.8
23	8	8	25.0
24	8	8	25.6
25	12	9	25.0
26	12	10	26.8
27	12	11	31.4
28	12	12	32.6
29	12	13	38.2
30	12	12	38.4
31	12	13	38.7
32	12	12	38.9

33	12	13	39.2
34	12	12	39.4
35	12	12	39.6
36	12	12	40.0
37	12	13	40.1
38	12	12	40.3
39	12	12	40.4
40	12	12	40.5
41	12	12	40.6
42	12	12	40.8
43	15	13	41.1
44	15	14	43.2
45	15	15	45.3
46	15	16	45.5
47	15	15	45.8
48	15	16	46.0
49	15	15	46.3
50	15	16	46.5
51	15	15	46.8
52	15	15	47.0
53	15	15	47.1
54	15	15	47.3
55	15	15	47.4
56	15	15	47.6
57	15	15	47.7

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lamongan pada tanggal 26 Agustus 1995. Penulis berasal dari Deketagung RT 004 RW 003, Lamongan, Jawa Timur. Pada tahun 2008, penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDN Deketagung Sugio Lamongan. Pada tahun 2011, penulis telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 3 Sugio Lamongan. Tahun 2014 penulis telah menyelesaikan pendidikan di SMAN 1 Kedungpring Lamongan. Pada tahun 2017, penulis mampu menyelesaikan pendidikan Diploma di Department D3 Teknik Instrumentasi , Fakultas V o k a s i , Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis dapat dihubungi melalui email nurimamahmadi@gmail.com.